

## BIM i tilbudsfasen

Tilretteleggelse for en effektiv kalkulasjon

**Anders Akre Aarnes**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2017

Hovedveileder: Frode Olav Drevland, IBM

Medveileder: Bjørnar N. Johansen, Moderne Byggfornyelse AS

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bygg- og miljøteknikk






Oppgavens tittel: BIM i tilbudsfasen - <i>Tilretteleggelse for en effektiv kalkulasjon</i>	Dato: 11.06.2017 Antall sider (inkl. bilag): 115 Masteroppgave <input checked="" type="checkbox"/> Prosjektoppgave <input type="checkbox"/>
Navn: Anders Akre Aarnes	
Veileder: Frode Drevland	
Ekstern veileder: Bjørnar N. Johansen	

<p>Ekstrakt:</p> <p>Denne masteroppgaven er utført i samarbeid med entreprenørbedriften Moderne Byggfornyelse. Oppgaven belyser problematikken ved å anvende IFC-modellen i tilbudsfasen hos en entreprenør.</p> <p>Masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng for emnet «Prosjektledelse, masteroppgave» med TBA4910 som emnekode.</p> <p>Litteraturen er beskrevet og evaluert i henhold til hjelpemiddelet TONE sine fire kriterier for kildekritikk. Litteraturen belyser den tradisjonelle kalkulasjonsprosessen og hvordan BIM kan bidra til å understøtte og effektivisere områder som mengdeuttak for kalkulasjon. Videre belyses god modelleringspraksis, BIM manualer, detaljeringsgrad LOD og NS 8360 BIM-objekter.</p> <p>Resultatet er basert på intervjuer med nøkkelpersoner tilknyttet kalkulasjonsavdelingen i bedriften.</p> <p>Til slutt konkluderes det med at tilbudsunderlaget bør understøtte en effektiv tilbudsfase, ved å gi kalkulatørene tid til å gjøre flere verdiskapende oppgaver som for eksempel å finne alternative kostnadsbesparende tiltak for prosjektet.</p>
--

Stikkord:

1. Building Information Modeling (BIM)
2. Kostnadsestimering
3. Kalkulasjonsmetoder
4. Tilbudsfasen

  
(sign.)



## Forord

Denne masteroppgaven er skrevet i emnet Prosjektledelse, masteroppgave med TBA4910 som emnekode ved Instituttet for bygg, anlegg og transport ved Norges teknisknaturvitenskapelige universitet i Trondheim. Masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng.

Det har vært et ønske å fordype seg i temaet BIM etter en lærerik og inspirerende klassesettur til Singapore våren 2015. Her fikk vi høre foredraget «BIM in Singapore» ved National University of Singapore – NUS. Dette er en av verdens ledende universiteter som har kommet langt i bruken av BIM.

Jeg vil gjerne takke min hovedveileder Frode Drevland for tema og for akademisk veiledning. Jeg vil også takke min eksterne veileder Bjørnar N. Johansen, som har gitt meg mulighet til å ta del i den daglige kalkulasjonsprosessen i Moderne Byggfornyelse og for muligheten til å videreføre tematikken i prosjektoppgaven.

Jeg vil også takke alle intervjuobjektene og alle de ansatte for gode innspill og samtaler. Spesielt vil jeg rette en stor takk til Nadine og Rolf-Thore som i tillegg har tilrettelagt arbeidet med oppgaven ved å gi meg tilgang på data og informasjon.

Tilslutt vil jeg takke familie og venner for all støtte.

Trondheim, Juni 2017

Anders Akre Aarnes



## Sammendrag

Bakgrunnen for denne masteroppgaven er at byggenæringen sliter med lav grad av innovasjon. Det er kun de store bedriftene som bruker ressurser på utvikling av kostnadsbesparende tiltak ved standardisering. Denne masteroppgaven har undersøkt hvordan tilbudsdokumentasjonen bør tilrettelegges for å fremme bruken av BIM (Bygningsinformasjonsmodell) i tilbudsfasen hos entreprenøren. Dette gjøres for å redusere kunnskapsgapet mellom de mindre og større entreprenørbedriftene, som kan bli til et hinder for konkurranse. En sunn konkurranse mellom større og mindre bedrifter er en viktig drivkraft for effektivisering i byggebransjen.

Masteroppgaven er utført i samarbeid med en mellomstor entreprenørbedrift i Norge. Bedriften opplever en økende trend hvor IFC-modeller foreligger med tilbudsunderlaget, men at implementering av BIM hos bedriften ikke har kommet så langt som ønsket. Av denne grunn er det et behov for å se nærmere på hvordan tilbudsunderlaget bør tilrettelegges for å følge utviklingen i tilbudsfasen. Hvem skal tilrettelegge IFC-modellen og hva krever det av kompetanse og programvare for å tilrettelegge for en mer effektiv kalkulasjon?

Undersøkelsesområdet er avgrenset til å se på anvendelse av BIM for kalkulasjon og mengdeuttak. Videre hvordan det påvirker de mer tradisjonelle formene for kalkulasjon. Oppgaven ser ikke på praktisk anvendelse av BIM, men gir en overordnet forståelse av kalkulasjonsprosessen. Teorien og resultatet av denne oppgaven baser seg på totalentreprise som arbeidsform. Resultatene er basert på en litteraturgjennomgang av nyere litteratur og rapporter, og intervjuer har blitt gjennomført med nøkkelpersoner i kalkulasjonsavdelingen.

Litteraturstudiet presenterer tilbudsfasen, tradisjonell kalkulasjon og kalkulasjon med BIM. Det er i tillegg sett på hvordan BIM kan forbedre kalkulasjonsprosessen med automatisering, og det er kartlagt utbredte metoder for mengdeuttak for kalkulasjon. Det er gjort en sammenligning av flere norske publikasjoner i nyere tid. Det er også sett på krav til god modelleringspraksis, grensesnitt til de ulike fagene i prosjektet og detaljeringsgrad. Den nye norske standarden NS 8360 BIM-Objekter er også undersøkt.

BIM kan understøtte tilbudsfasen ved å gi kalkulatørene mer tid til å gjøre verdiskapende oppgaver, da BIM har potensialet til å gjøre automatiske mengdeuttak. Mye tyder likevel på at nytten ved å anvende IFC-modellen ikke er like stor som den kan være for kalkulatørene. Konsekvensen er at modellen droppes i forhold til mer tradisjonelle metoder, fordi man ikke stoler på kvaliteten til IFC-modellen. For at kalkulatørene skal kunne stole på 3D-modellen og

for at den skal bli anvendt, så anbefales det at modellen følger god modelleringspraksis. Utfordringen er at det ikke finnes en standardisert praksis for modellering i Norge. Konsekvensen av manglende detaljeringsgrad kan være at entreprenøren må se seg nødt til å tilrettelegge IFC-modellen selv, før IFC-modellen modellen kan anvendes. Dette er trolig ikke en løsning bedriften er tjent med, da det krever kompetanse tilsvarende de ansvarlige prosjekterende. Tilbudsunderlaget bør heller bedre effektiviteten i tilbudsfasen, ved å tilby mer tid til kalkulatørene slik at de kan gjøre flere verdiskapende oppgaver, som for eksempel å finne alternative kostnadsbesparende tiltak for prosjektet.



## **Abstract**

The background for this Master's Thesis is that the construction industry is struggling with a low degree of innovation. It is only the larger companies that use resources to develop cost-saving measures by standardization. This Master's Thesis has investigated how the tender documentation should be facilitated to promote the use of BIM (Building Information Modeling) in the bidding phase at the contractor. This is to prevent the knowledge gap between the smaller and larger contractors becoming a hindrance for competition. A healthy competition between larger and smaller companies is an important driving force for increased efficiency and innovation in the construction industry.

The Master Thesis's has been carried out in collaboration with a medium-sized general contractor in Norway. The company is experiencing a growing trend in which IFC-models are available with the tender documents, but the implementation of BIM at the company has not come as far as desired. For this reason, there is a need to look into how the tender documents should be facilitated to follow the developments in the bidding phase. Who should organize the IFC-model and what does it require of expertise and software for providing a more efficient cost estimation?

The scope of this work is limited to looking at the use of BIM for cost estimation and quantity take-off. Further, how it affects the more traditional methods of cost estimation and quantity take-off. This work does not look at the practical application of BIM, but gives an overall understanding of the cost estimation process. The theory and the result of this assignment are based on a Design-Build approach. The results of this work are based on a literature review of recent literature and reports, and interviews have been conducted with key personnel in the cost estimation department.

The literature study presents the bidding phase, traditional estimating techniques and estimation with BIM. How BIM can improve the cost estimating process with automation and widespread methods for quantity take-off is also investigated. A comparison has been made between several of the most recent Norwegian publications. Requirements for good modelling practices, the interface between disciplines in a project and the Level of Development have also been looked in to. The new Norwegian standard NS 8360 BIM Objects have also been investigated. Finally, two software programs are presented that can provide useful information for the cost estimation process using IFC-models.

BIM can support the bidding phase by giving the cost estimator more time to do value-adding activities, as BIM has the potential to automate the process of quantity take-off. However, much indicates that using the IFC model is not as useful for the cost estimator as it could be. The result is that traditional methods for cost estimation are used instead, due to lack of trust to the accuracy of the design model. For the cost estimator to be able to trust, and increase the use of the 3D model, it is recommended that the model follow good modeling practices. The challenge is that there is no standardized practice for modeling in Norway. The consequence of a lacking Level of Development for the model, may be that the contractor must improve the IFC-model themselves before it can be used. This is probably not a solution the business is served with as it requires expertise similar to the responsible designers. The tender should rather improve the efficiency of the bidding phase, offering more time to the cost estimators so that they can do more value-adding activities, such as finding alternate cost-saving measures for the project.

# Innhold

<b>FORORD</b> .....	<b>III</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VII</b>
<b>INNHold</b> .....	<b>IX</b>
<b>FIGURLISTE</b> .....	<b>XIII</b>
<b>TABELLISTE</b> .....	<b>XV</b>
<b>DEFINISJONER</b> .....	<b>XVII</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 BAKGRUNN.....	1
1.2 FORMÅL.....	3
1.3 PROBLEMSTILLING.....	3
1.4 FORSKNINGSSPØRSMÅL.....	3
1.5 AVGRENSNING .....	3
1.6 OPPGAVENS OPPBYGGING .....	4
<b>2 METODE</b> .....	<b>7</b>
2.1 FORSKNINGSMETODE.....	7
2.1.1 <i>Kvantitativ og Kvalitativ metode</i> .....	7
2.1.2 <i>Aktuelle forskningsmetoder</i> .....	8
2.1.3 <i>Metodetriangulering</i> .....	8
2.2 OPPGAVENS UNDERSØKELSESMETODER.....	9
2.2.1 <i>Litteraturstudie</i> .....	10
2.2.2 <i>Dokumentgjennomgang og casestudier</i> .....	12
2.2.3 <i>Deltakende observasjon</i> .....	12
2.2.4 <i>Kvalitativt intervju</i> .....	13
2.3 OPPGAVENS VALIDITET OG RELIABILITET .....	14
2.3.1 <i>Validitet og reliabilitet</i> .....	14
2.3.2 <i>Litteraturstudie</i> .....	14
2.3.3 <i>Casestudier</i> .....	15
2.3.4 <i>Kvalitativt intervju</i> .....	15
<b>3 TEORI</b> .....	<b>17</b>
3.1 ANBUDSPROSESSEN.....	17
3.1.1 <i>Generelt</i> .....	17
3.1.2 <i>Faser</i> .....	17

3.2	BYGGEPROSESSEN .....	19
3.2.1	<i>Usikkerhet og informasjon</i> .....	19
3.2.2	<i>Informasjonens kostnad og nytte</i> .....	19
3.2.3	<i>Endringsarbeid</i> .....	20
3.3	KALKULASJONSMETODER .....	21
3.3.1	<i>Tipping</i> .....	22
3.3.2	<i>Arealprismetoden</i> .....	22
3.3.3	<i>Elementmetoden</i> .....	22
3.3.4	<i>Detalj kalkulasjon</i> .....	23
3.4	BIM - BUILDING INFORMATION MODELING .....	24
3.4.1	<i>Definisjon</i> .....	24
3.4.2	<i>Produkt</i> .....	24
3.4.3	<i>Prosess og dimensjoner</i> .....	25
3.4.4	<i>BIM i byggets livsløp</i> .....	26
3.4.5	<i>Potensialet til BIM</i> .....	26
3.4.6	<i>IFC</i> .....	28
3.5	TILBUDSFASEN MED BIM .....	29
3.5.1	<i>Generelt</i> .....	29
3.5.2	<i>Endret informasjonsflyt i den tradisjonelle tilbudsfasen</i> .....	29
3.5.3	<i>Endret kalkulasjonsprosess med BIM</i> .....	31
3.5.4	<i>Kalkulasjon og mengdeuttak</i> .....	33
3.6	GOD MODELLERINGSPRAKSIS OG MODELLENS FORMÅL .....	37
3.6.1	<i>BIM manualer</i> .....	37
3.6.2	<i>Grensenitt til de ulike fagene</i> .....	40
3.6.3	<i>Detaljeringsgrad - LOD</i> .....	40
3.6.4	<i>BIM Objektbibliotek</i> .....	41
3.6.5	<i>NS 8360 BIM-objekter</i> .....	42
3.6.6	<i>Krav til IFC-objekter</i> .....	43
3.7	VERKTØY FOR Å TILRETTELEGGE IFC-MODELLEN .....	44
3.7.1	<i>Solibri Model Checker</i> .....	44
3.7.2	<i>Simplebim</i> .....	46
<b>4</b>	<b>RESULTAT</b> .....	<b>49</b>
4.1	OM MODERNE BYGGFORNYELSE AS .....	49
4.2	HVORDAN KAN BIM UNDERSTØTTE TILBUDSFASEN HOS ENTREPRENØR? .....	49
4.2.1	<i>Beskriv i grove trekk hvordan kalkulasjonsavdelingen jobber med å regne tilbudsforespørsler fra byggherre?</i> .....	49
4.2.2	<i>Hvilke påvirkningsmuligheter har en entreprenør i kalkulasjonsprosessen?</i> .....	50

4.2.3	<i>Hvilken entrepriseform tror du har størst nytteverdi ved bruken av BIM?</i> .....	51
4.2.4	<i>Hvilke potensial har BIM til å understøtte tilbudsfasen?</i> .....	52
4.2.5	<i>Hvilke områder av tilbudsfasen kan bli nedprioritert?</i> .....	53
4.3	<b>HVORDAN ER TILBUDSUNDERLAGET I DAG TILRETTELAGT FOR FORMÅLET?</b> .....	54
4.3.1	<i>Hva kjennetegner et godt tilbudsunderlag?</i> .....	54
4.3.2	<i>Case 1</i> .....	55
4.3.3	<i>Case 2</i> .....	56
4.3.4	<i>Case 3</i> .....	57
4.4	<b>PÅ HVILKEN MÅTE MÅ TILBUDSUNDERLAGET TILRETTELEGGES FOR Å UNDERSTØTTE DETTE FORMÅLET?</b> .....	59
4.4.1	<i>Hva burde formålet til modellen være i tilbudsunderlaget?</i> .....	59
4.4.2	<i>Hvem skal tilrettelegge modellen for formålet?</i> .....	59
4.4.3	<i>Hvilke krav bør byggherre stille til tilretteleggingen av tilbudsunderlaget?</i> .....	60
4.4.4	<i>Hvilke nivå av anvendelse må modellen ha?</i> .....	61
4.4.5	<i>Hvilke nivå av kompetanse må entreprenør og underentreprenør ha?</i> .....	64
4.5	<b>HVORDAN KAN ENTREPRENØREN SELV TILRETTELEGGE IFC-MODELLEN FOR Å NÅ FORMÅLET?</b> .....	65
4.5.1	<i>Hvilke fordeler og ulemper er det å tilrettelegge modellen selv for ønsket formål?</i> .....	65
4.5.2	<i>Er det aktuelt å tilrettelegge en IFC-modellen som er mangelfull?</i> .....	66
4.5.3	<i>Hvilke fag er det aktuelt å tilrettelegge for?</i> .....	67
4.5.4	<i>Hvilke tekniske løsninger er det behov for å løse for å nå formålet?</i> .....	67
4.5.5	<i>Hva må Moderne byggfornyelse jobbe videre med for å nå formålet?</i> .....	68
<b>5</b>	<b>DISKUSJON</b> .....	<b>71</b>
5.1	<b>HVORDAN KAN BIM UNDERSTØTTE TILBUDSFASEN HOS ENTREPRENØR?</b> .....	71
5.2	<b>HVORDAN ER TILBUDSUNDERLAGET I DAG TILRETTELAGT FOR FORMÅLET?</b> .....	74
5.3	<b>PÅ HVILKEN MÅTE MÅ TILBUDSUNDERLAGET TILRETTELEGGES FOR Å UNDERSTØTTE DETTE FORMÅLET?</b> .....	77
5.4	<b>HVORDAN KAN ENTREPRENØREN SELV TILRETTELEGGE IFC-MODELLEN FOR Å NÅ FORMÅLET?</b> .....	81
<b>6</b>	<b>KONKLUSJON</b> .....	<b>85</b>
<b>7</b>	<b>VEIEN VIDERE</b> .....	<b>87</b>
	<b>REFERANSER</b> .....	<b>89</b>
	<b>VEDLEGG A - INTERVJUGUIDE</b> .....	<b>93</b>
	<b>VEDLEGG B – BIM I BYGGEPROSESSEN</b> .....	<b>97</b>



## Figurliste

FIGUR 1.1: UTVIKLING I TIMEVERKSPRODUKTIVITETEN FRA ÅR 2000 I PROSENT. (MELD. ST. 28 2011-2012) .....	1
FIGUR 2.1: OPPGAVENS METODETRIANGULERING .....	8
FIGUR 3.1: ILLUSTRASJON AV DEKNINGSBIDRAG (HOLM, 1990) .....	17
FIGUR 3.2: ANBUDSPROSESSEN HOS ENTREPRENØREN (FJELLDAL & MOE, 2009) .....	18
FIGUR 3.3: USIKKERHET OG AKKUMULERTE KOSTNADER I PROSJEKTETS LIVSLØP (EIKELAND, 1998).....	19
FIGUR 3.4: INFORMASJONENS KOSTNAD OG NYTTE (SAMSET, 2014) .....	20
FIGUR 3.5: BIM-HJULET (HAUG, 2015) .....	26
FIGUR 3.6: BIM ER BINDELEDDET FOR INFORMASJON I BYGGEPROSESSEN (JESPERSEN, 2008) .....	29
FIGUR 3.7: TRADISJONELL INFORMASJONSFLYT I ET TVERRFAGLIG SAMARBEID (HJELSETH, 2013) .....	30
FIGUR 3.8: IFORMASJONSFLYT MED EN DELT BIM-MODELL (IFC) I ET TVERRFAGLIG SAMARBEID (HJELSETH, 2013) .....	30
FIGUR 3.9: FRITTSTÅENDE HYBRIDMODELLER (EASTMAN ET AL., 2011) .....	32
FIGUR 3.10: TVERRFAGLIG BIM-MODELL (EASTMAN ET AL., 2011) .....	32
FIGUR 3.11:TRADISJONELL KALKULASJON OG KALKULASJON MED BIM (EASTMAN ET AL., 2011) .....	34
FIGUR 3.12: MANUELL KALKULASJONSPROESS (UDDIN & KHANZODE, 2013).....	35
FIGUR 3.13: AUTOMATISK KALKULASJONSPROESS (UDDIN & KHANZODE, 2013) .....	35
FIGUR 3.14: FORMÅLET MED BIM-MODELLEN (BOLIGPRODUSENTENES FORENING, 2012) .....	38
FIGUR 3.15: ANBEFALT INNDELING OVER GRENSESNIITT TIL DE ULIKE FAGMODELLENE (EBA, 2013).....	40
FIGUR 3.16: MASKINLESBAR BESKRIVELSE AV TYPEKODE FOR BYGNINGSOBJEKTER .....	42
FIGUR 3.17: MENGDEUTTAK MED SMC, HVOR TILSVARENDE OBJEKTER ER GRUPPERT ETTER SAMME FARGE (SOLIBRI, 2014) .....	45
FIGUR 3.18: SMC GIR MULIGHET TIL Å FILTRERE BORT OBJEKTER (SOLIBRI, 2014).....	45
FIGUR 3.19: PROSESSEN MED Å TILRETTELEGGE IFC-MODELLEN VED BRUK AV SIMPLEBIM .....	47





# Tabelliste

TABELL 2.1: KVANTITATIV OG KVALITATIV METODE (LARSEN, 2016; OLSSON, 2015; SAMSET, 2014).....	7
TABELL 2.2: ANVENDTE METODER FOR FORSKNINGSSPØRSMÅL.....	9
TABELL 3.1: SKJEMA FOR SAMMENHENG MELLOM KJERNEPROSESS, AKTIVITET, KALKULASJONSMETODE OG NØYAKTIGHET (HOLM, 1990; HOLM ET AL., 2005).....	21
TABELL 3.2: BIM BRUKSOMRÅDER FOR BYGGHERRE, PROSJEKTERENDE OG ENTREPRENØR.....	24
TABELL 3.3: DE ULIKE DIMENSJONENE AV BIM.....	25
TABELL 3.4: FORDELER MED Å TA I BRUK BIM UAVHENGIG AV AKTØR .....	27
TABELL 3.5: DATAMODELL (IFC), DATAORDBOK (BSDD) OG PROSESS .....	28
TABELL 3.6: OVERSIKT OVER NORSKE PUBLISERINGER I FORBINDELSE MED BRUK AV BIM .....	37
TABELL 3.7: KRAV TIL BIM-MODELLEN FRA AKTØRER I NORSK BYGGEBRANSJE.....	39
TABELL 3.8: DETALJERINGSGRAD I FORHOLD TIL VALG AV KALKULASJONSMETODE (WOOD ET AL., 2014).....	41
TABELL 3.9: KRAV TIL IFC-OBJEKTER.....	43
TABELL 3.10: OVERSIKT OVER RELEVANTE FUNKSJONER TIL VERKTØYET SMC (SOLIBRI, 2014) .....	44
TABELL 3.11: OVERSIKT OVER RELEVANTE FUNKSJONER TIL VERKTØYET SIMPLEBIM (DATACUBIST, 2014B) .....	46
TABELL 4.1: OVERSIKT OVER CASE 1 .....	55
TABELL 4.2: OVERSIKT OVER CASE 2 .....	56
TABELL 4.3: OVERSIKT OVER CASE 3 .....	57



## Definisjoner

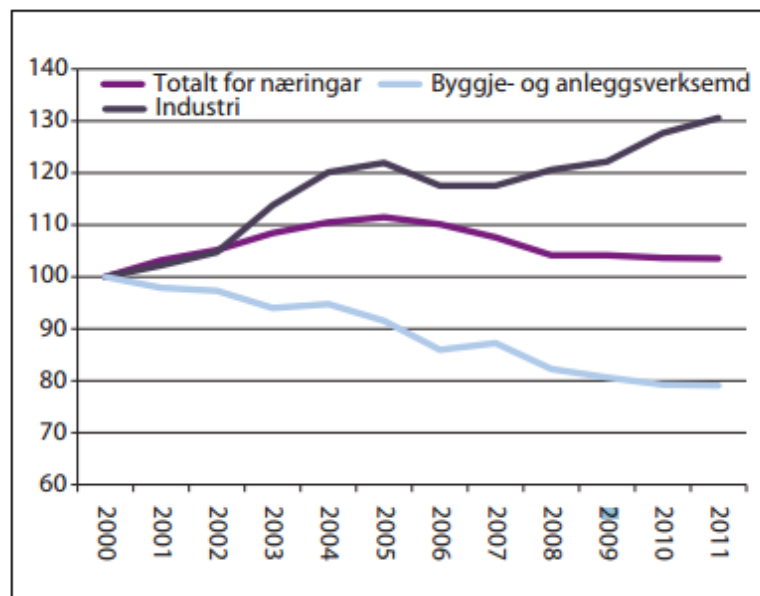
<b>BIM</b>	Bygningsinformasjonsmodell og Bygningsinformasjonsmodellering
<b>IFC</b>	IFC (Industry Foundation Classes) som er et åpent filformat som gjør at aktørene kan utveksle relevant informasjon med hverandre, uavhengig av programvare.
<b>ARK</b>	Arkitekt
<b>RIB</b>	Rådgivende ingeniør bygg
<b>RIBr</b>	Rådgivende ingeniør brann
<b>RIV</b>	Rådgivende ingeniør VVS
<b>RIE</b>	Rådgivende ingeniør elektro
<b>LARK</b>	Landskapsarkitekt
<b>IARK</b>	Interiørarkitekt
<b>SMC</b>	Solibri Model Checker (programvare)
<b>Objekt og objekttype</b>	Objekter er noe som kan forstås eller oppfattes og en objekttype er en klassifikasjon av data med gitte egenskaper (Norsk Standard, 2015)
<b>IFC-klassifikasjon</b>	Omfatter parametere som objekttype (vegg, bjelke, vindu, o.l.), plassering (objektet vender mot innsiden eller utsiden av bygningskroppen) og om det er bærende (objektet har bærende eller ikke bærende funksjon i IFC-modellen) (Boligprodusentenes Forening, 2012)
<b>Fagmodell</b>	Frittstående IFC-modell for ARK, RIB, RIV, RIE osv.
<b>Byggeprosessen</b>	Omfatter alle prosessene som resulterer i eller er en forutsetning for det planlagte byggverket (Eikeland, 1998).
<b>Mengdeuttak og Mengdeberegning</b>	Mengdeuttak brukes i oppgaven når man snakker om 3D-modell og mengdeberegning når man snakker om 2D-tegninger.
<b>Hybridmodell</b>	En blanding av flere fagmodeller, og eller 2D-tegninger.
<b>LOD</b>	Detaljeringsgrad (Level of Development)



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Stortingsmeldingen *Gode bygg for eit betre samfunn – Ein framtidretta bygningspolitikk* (Meld. St. 28 2011-2012) peker på at byggebransjen i Norge har behov for å endre seg. Meldingen viser til at produktivitetsutviklingen i bransjen har hatt en negativ vekst i produktivitet de siste 10 årene, mens andre næringer og spesielt industrien har opplevd en vekst i produktivitet, se figur 1.1. Byggeprosessen består av mange aktører for å kunne prosjektere, bygge og drifte som igjen krever at mange ulike aktører må jobbe sammen med samme informasjon (Smith & Tardiff, 2009). I tillegg så blir konstruksjonene stadig mer komplekse og kravene til de til ulike aktørene øker i områder som HMS, rapportering, og dokumentering (Hardin & McCool, 2015; Westgaard et al., 2010).



Figur 1.1: Utvikling i timeverksproduktiviteten fra år 2000 i prosent. (Meld. St. 28 2011-2012)

For en konkurranseutsatt bransje har viktigheten av god kostnadskontroll økt de siste årene (Smith et al., 2016). I dag krever alle de større offentlige byggherrene i Norge åpenBIM i alle prosjekter, som i praksis betyr alle offentlige nybygg og store rehabiliteringsprosjekter (Kokslie, 2015). Dette skaper store muligheter for dem som klarer å håndtere all den nye informasjonen (Hardin & McCool, 2015). Smith (2014) forklarer at de som ikke klarer å henge med i den teknologiske utvikling vil bli borte. Det er i dag mange firmaer som operer med små marginer i fortjeneste, noe som hindrer dem i å investere i teknologi på lang sikt. De store bedriftene bruker flere ressurser på utvikling av kostnadsbesparende tiltak ved standardisering

enn de små til mellomstore bedriftene (Rattsø, 2015). De små til mellomstore bedriftene kan være fleksible, likevel kan det være krevende å bidra til effektiv samhandling og innovasjon.

I følge Rattsø (2015) så kan en sterk etterspørsel bety at langsiktig innovasjon og kvalitetsforbedringer svekkes, og sammenlignet med andre næringer sliter byggenæringen med lav grad av innovasjon og stort omfang av byggefeil. For de tradisjonelle kalkulasjonsprosesser så utveksles informasjon på papir, noe som skaper feil og mangler i prosjektet (Eastman et al., 2011). Resultatet av dårlig samarbeid, koordinasjon og mangel på informasjon fører til kostbare feil mellom de ulike aktørene som fører til budsjettsprekke og overskridelse av fremdriftsplanen (Hardin & McCool, 2015).

Tilbudsfasen preges av mye manuelt og dobbelt arbeid (Hardin & McCool, 2015). For å øke effektiviteten anbefales det å ta i bruk IKT-løsninger (Rattsø, 2015). BIM åpner for et bredere fokus på håndtering av informasjonen og gjør at de prosjekterende og entreprenører kan konstruere bygget virtuelt, før det i virkeligheten er bygd (Smith & Tardiff, 2009). BIM kan også gi en større konkurransefordel mot andre konkurrenter (Smith, 2014).

Rattsø (2015) fremhever at konkurranse er en viktig drivkraft for effektivisering, og det er behov for å øke kompetansen om hvor godt konkurransen i byggenæringen fungerer. Når de små til mellomstore bedriftene tar i bruk BIM i tilbudsfasen, vil det være en viktig drivkraft for effektivisering og få ned prosjektkostnaden, men også imøtekomme de kompliserte reglene som kan være til hinder for konkurranse for de som ikke klarer å følge med på den teknologiske utviklingen og for nye aktører å etablere seg. Denne oppgaven er et forsøk på å kartlegge hvordan en mellomstor bedrift kan anvende BIM til sin fordel i kalkulasjonsprosessen for å bli mer effektiv og fortsette å være konkurransedyktig i tiden fremover.

## 1.2 Formål

Moderne Byggfornyelse opplever i dag en økende trend i mindre og større prosjekter at IFC-modellen blir lagt ved i tilbudsunderlaget fra byggherre. Tiden kalkulasjonsavdelingen har per tilbud, er begrenset og varierer fra to til seks uker. Det er derfor viktig å se løsninger og konsekvenser raskt. BIM ses på av bedriften som et verktøy som kan øke effektiviteten i tilbudsfasen, men implementeringen har ikke kommet så langt som ønsket. Det er ønskelig å utnytte all tilgjengelig informasjon i tilbudsunderlaget som kan understøtte kalkulasjonsprosessen. De ønsker derfor å kartlegge hvordan tilbudsunderlaget må tilrettelegges, med formål om mer anvendelse av BIM i kalkulasjonsprosessen for å understøtte oppgaver som mengdeuttak og kalkulasjon. Med dette er det behov for bedriften å se på hvem som skal tilrettelegge tilbudsunderlaget, spesifikk IFC-modellen og hva kreves det av kompetanse og programvare for å følge utviklingen i tilbudsfasen.

## 1.3 Problemstilling

Problemstillingen er dannet på bakgrunn av formålet med masteroppgaven. Følgende problemstilling for masteroppgaven er utarbeidet:

*«Hvordan bør tilbudsunderlaget tilrettelegges, med formål om mer anvendelse av BIM i tilbudsfasen hos entreprenør?»*

## 1.4 Forskningsspørsmål

Fra problemstillingen så er det definert fire forskningsspørsmål som belyser problemstillingen:

1. *Hvordan kan BIM understøtte tilbudsfasen hos entreprenør?*
2. *Hvordan er tilbudsunderlaget i dag tilrettelagt for formålet?*
3. *På hvilken måte må tilbudsunderlaget tilrettelegges for å understøtte dette formålet?*
4. *Hvordan kan entreprenøren selv tilrettelegge IFC-modellen for å nå formålet?*

## 1.5 Avgrensning

Masteroppgaven har en begrenset varighet på 20 uker, noe som setter begrensninger for omfang og tidsbruk. Det er i tillegg naturlig å avgrense omfanget mot å gjelde entreprenører, da oppgavens samarbeidspartner nettopp er en slik aktør. Oppgaven er begrenset til å se på tilbudsfasen, spesielt hvordan tilbudsunderlaget og kalkulasjonsprosessen understøttes av IFC-modellen. Det er ikke sett på praktisk anvendelse, da dette ofte er knyttet spesifikt mot programvare.

Litteraturen er avgrenset til å gi et nyttig bidrag for bedriften og for andre aktører som har interesse av å få en overordnet innsikt i kalkulasjonsprosessen i tilbudsfasen hos en entreprenør. I tillegg gir litteraturen en innføring i BIM som verktøy i forhold til den tradisjonelle kalkulasjonsprosessen med hva som kreves av brukeren og de som skal modellere, tilrettelegge, trimme eller berike IFC-modellen. Teorien presenterer to programvarer som kan møte behovet til bedriften, men gir ingen innføring i bruken.

Siden bedriften driver i all hovedsak med totalentreprise og generalentreprise, og at det ble tydelig klart igjennom intervjuene at å anvende BIM med totalentreprise kun var aktuelt. Hovedfokuset vedrørende teorien og resultatet er i all hovedsak rettet mot en totalentreprise. Dette gjøres også som en forenkling for å begrense oppgavens teoridel og diskusjon, og det antas at leseren er underforstått med at valg av entreprise er avgjørende for hvordan tilbudsunderlaget blir utarbeidet, og hvordan det påvirker ansvarsforholdet mellom aktørene i tilbudsfasen.

Ikke alle tilbudsunderlag fra kunde inneholder en IFC-modell, og oppgaven avgrenses til å gjelde for de tilbudsunderlagene der en IFC-modell foreligger. Ytterligere avgrensninger av oppgaven er formål og problemstilling, samt utdypende forskningsspørsmål.

## **1.6 Oppgavens oppbygging**

Denne masteroppgaven er skrevet og utarbeidet i Word. Oppgaven består av 7 kapitler. Kapitlene er delt inn i delkapitler i formen X.Y.Z. Figurer og tabeller er delt inn i formen X.Y, hvor X står for kapittel og Y står for figur- eller tabellnummer. Referanser og vedlegg kan finnes i slutten av oppgaven. Referansestilen som er brukt er Harvard.

Innholdet fra kapittel 2 og videre til kapittel 7 er beskrevet under:

### **Kapittel 2 – Metode**

Metodekapittelet beskriver avendte forskningsmetoder og hvordan det har blitt utført en metodetriangulering for så å gi en oversikt over oppgavens undersøkelsesmetoder. Videre er det beskrevet hvordan datainnsamlingen og bearbeidingen er blitt foretatt for hver av metodene, samt reflektert over styrker og svakheter. I slutten av kapittelet blir oppgavens undersøkelsesmetoder vurdert med tanke på validitet og reliabilitet.



### **Kapittel 3 – Teori**

Kapittel 3 gir det teoretiske rammeverket for valg av metode og for diskusjonen i oppgaven. Først blir den tradisjonelle tilbudsfasen presentert, her kalt anbudsprosessen. Videre blir byggeprosessens informasjonsflyt belyst med tanke på usikkerhet, kostnad, nytte og endringsarbeid. I tillegg blir de mest kjente og anvendte kalkulasjonsmetodene presentert med tanke på nøyaktighet, typiske kjennetegn og i hvilken fase av byggeprosessen den kan anvendes. BIM blir så introdusert og definert. Det blir blant annet presentert flere anvendelsesområder og hvilke fordeler det kan gi å ta i bruk BIM som verktøy. Videre blir det belyst hvordan BIM påvirker og endrer den tradisjonelle tilbudsfasen, informasjonsflyten og kalkulasjonsprosessen til det bedre. Det blir så presentert flere kjente publikasjoner fra bransjen som omtaler BIM med tanke på krav og regler for god modelleringspraksis. Det blir også belyst ulike grensesnitt for fagene og detaljeringsgrad (LOD) sammenlignet mot kalkulasjonsmetode. Til slutt blir det presentert to verktøy som kan bidra til å understøtte tilbudsfasen hos bedriften.

### **Kapittel 4 – Resultat**

I resultatkapittelet blir funnene fra kvalitative intervjuer presentert. Det blir også presentert 3 casestudier som belyser tilbudsunderlaget bedriftene har mottatt og regnet på i det siste halvåret. Spørsmålene i intervjuguiden i vedlegg A, er strukturert etter forskningsspørsmålene til problemstillingen som også er brukt for strukturering av resultatet. En kort oppsummering av hva spørsmålene belyser, finnes under hvert delkapittel.

### **Kapittel 5 – Diskusjon**

Dette kapittelet drøfter resultatet i kapittel 4 opp mot introdusert teori i kapittel 3. Dette gjøres for å sammenligne eget arbeid mot aksepterte oppfatninger i litteraturen innenfor fagfeltet. Det blir i tillegg diskutert resultat mot resultat og på kryss og tvers, samt egne meninger og vurderinger. Kapittelet er strukturert etter forskningsspørsmålene.

### **Kapittel 6 – Konklusjon**

Dette kapittelet presenterer konklusjonen, som svarer på problemstillingen og forskningsspørsmålene.

### **Kapittel 7 – Veien videre**

Dette kapittelet gir forslag til videre arbeid og hvordan oppgavens problemstilling kan understøttes ved at det blir anvendt flere metoder, eller sett på fra andre synsvinkler.



## 2 Metode

Metodekapitlet forklarer hva som er gjort i masteroppgaven, hvordan man har kommet frem til resultatet i kapittel 4, styrker og svakheter med metodene og oppgavens validitet og reliabilitet.

### 2.1 Forskningsmetode

#### 2.1.1 Kvantitativ og Kvalitativ metode

Forskningsmetoder kan ses på som redskaper til å undersøke empiri (Rienecker & Jørgensen, 2013). Fremgangsmåten med å få ny kunnskap innenfor et fagfelt og få svar på forskningsspørsmålene er et slikt redskap (Larsen, 2016). I denne sammenheng mener Olsson (2015) at de viktigste grunnene for metode, er kvalitetssikring av eget arbeid og få en vitenskapelig skolering i kildekritikk. Videre at leseren får den nødvendige bakgrunnen for å vurdere konklusjonen og for å kunne videreføre arbeidet. Fra samtlige i litteraturen skilles det mellom to hovedtyper av metoder, kvantitativ og kvalitativ metode (Larsen, 2016; Olsson, 2015; Samset, 2014). I tabell 2.1 vises en sammenligning mellom de to nevnte metodene forskeren må velge for å samle inn data til undersøkelsen. Dette for at forskeren vet hvilken type metode og informasjon som er relevant for å belyse problemstillingen (Larsen, 2016).

Tabell 2.1: Kvantitativ og kvalitativ metode (Larsen, 2016; Olsson, 2015; Samset, 2014)

	<b>Kvantitativ metode</b>	<b>Kvalitativ metode</b>
<b>Informasjon</b>	Tallbasert.	Muntlig eller tekst.
<b>Antall studieobjekter</b>	Bredde, få opplysninger fra mange objekter.	Dybde, mange opplysninger fra få objekter.
<b>Validitet (gyldighet)</b>	Utfordring med at informasjonen er gyldig eller relevant i forhold til problemstillingen.	Lettere å sikre høy validitet da man kan stille oppfølgingsspørsmål i forhold til problemstillingen.
<b>Reliabilitet (pålitelighet)</b>	Vanskelig å være nøyaktig når man jobber med store mengder. Høy grad av etterprøvbarehet.	Stor sannsynlighet for at intervjuobjektet påvirkes av situasjon eller intervjueren Liten grad av etterprøvbarehet.
<b>Nytte</b>	Generaliserbart eller med stor grad av sannsynlighet.	Har undersøkelsen overførbarhet. Få helhetsforståelse av noe.
<b>Mål ved undersøkelsen</b>	Et ønske om å forklare.	Et ønske om å oppnå forståelse.

## 2.1.2 Aktuelle forskningsmetoder

Teorien kan ha flere funksjoner i oppgaven (Rienecker & Jørgensen, 2013). Teoriens mulige funksjoner kan være å danne grunnlag for tolkning, drøfting og sammenligning, samt bakgrunn og forklaring av undersøkelsesresultatene. Gjennomgangen av litteraturen i kapittel 3 om teori, er gjort med et litteratursøk, for så å bli brukt i diskusjonen av resultatene (Olsson, 2015). Aktuelle forskningsmetoder for resultatet til oppgaven kan være (Larsen, 2016; Olsson, 2015):

- Dokumentgjennomgang
- Spørreundersøkelse
- Intervju
- Deltakende observasjon
- Casestudie i kombinasjon med en eller flere av tilnærmingene over

Da man i denne oppgaven ønsker å anvende mer BIM i tilbudsfasen hos entreprenør, spesifikt hos en bedrift, så er det åpenbart i henhold til tabell 2.1 og formålet i delkapittel 1.2, at kvalitativ metode vil være mer aktuell for å besvare forskningsspørsmålene, men også for bedriften. At det er mer hensiktsmessig å anvende kvalitative metode skyldes at man ønsker å gå i dybden av kalkulasjonsprosessen og med det sikre høy validitet for å få helhetsforståelse og videre oppnå forståelse. Kvantitativ metode ble vurdert som lite relevant i forhold til problemstillingen og det er ikke mulig å generalisere funn på bakgrunn av at det krever blant annet et høyere antall studieobjekter.

## 2.1.3 Metodetriangulering

Metodetriangulering er når man bruker flere forskjellige metoder i samme undersøkelse. (Larsen, 2016). Dette gjøres for å oppveie for svakhetene til metodene, men og brukt som en forberedelse til dybdeintervjuene. Dette for å trenge dypere ned i materialet, og få utformet en mer presis intervjuguide med tilhørende spørsmål. Rekkefølgen på metodetrianguleringen er presentert i figur 2.1. Først ble det gjennomgått dokumenter og casestudier, som er tidligere tilbudsforespørsler fra kunde. Etterfulgt av at undertegnede har gjennomført deltakende observasjon for case 3. På bakgrunn av forberedelsene, så ble det utarbeidet en intervjuguide for dybdeintervjuer, som igjen danner grunnlag for resultatet i kapittel 4.



Figur 2.1: Oppgavens metodetriangulering

## 2.2 Oppgavens undersøkelsesmetoder

Undersøkelsesmetodene dekker egne undersøkelser og litteraturundersøkelsene (Rienecker & Jørgensen, 2013). Siden undersøkelsesmetodene i oppgaven er sammensatt av flere metoder, som tidligere presentert i delkapittelet 2.2.1 om metodetriangulering, så er det nødvendig med flere metoder for å få en dypere forståelse og unngå svakheter med metoden. Et hjelperedskap for å få oversikt over hvilken metode som er brukt for å belyse forskningsspørsmålene er derfor presentert i tabell 2.2 under. Videre i delkapittel 2.2.1 til 2.2.4 vil det i hver av oppgavens undersøkelsesmetode bli informert om hvordan informasjonen er samlet inn for hver av metodene, samt reflektert om styrker og svakheter i de anvendte metodene.

Tabell 2.2: Anvendte metoder for forskningsspørsmål

Nr.	Forskningsspørsmål	Anvendte metoder
1	<i>Hvordan kan BIM understøtte tilbudsfasen hos entreprenør?</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Litteraturstudie</li><li>- Dybdeintervju</li><li>- Dokumentgjennomgang</li></ul>
2	<i>Hvordan er tilbudsunderlaget i dag tilrettelagt for formålet?</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Litteraturstudie</li><li>- Casestudie i kombinasjon med dybdeintervju</li><li>- Deltakende observasjon</li></ul>
3	<i>På hvilken måte må tilbudsunderlaget tilrettelegges for å understøtte dette formålet?</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Litteraturstudie</li><li>- Dybdeintervju</li></ul>
4	<i>Hvordan kan entreprenøren selv tilrettelegge IFC-modellen for å nå formålet?</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Litteraturstudie</li><li>- Casestudie i kombinasjon med dybdeintervju</li><li>- Dybdeintervju</li></ul>

## 2.2.1 Litteraturstudie

Litteraturstudie er gjennomført på bakgrunn av et litteratursøk, som er innhenting av sekundærkilder fra vitenskapelige artikler og rapporter med annerkjennelse i bransjen. Denne metoden er valgt for å innhente eksisterende sekundærdata om temaet. Litteraturen i oppgaven fokuserer på tilbudsfasen og tradisjonelle kalkulasjonsmetoder. Videre om potensialet til BIM ved implementering, og tilslutt kartlegging av krav og god modelleringspraksis ved anvendelse av BIM.

For å finne sekundærdataene som vitenskapelige artikler og bøker er det i hovedsak blitt brukt søkemotoren til Oria, Scopus, Compendex og Google Scholar. Søkemotorene indekserer til anerkjente databaser som ScienceDirect og ASCE Library. Dette er utgivere som har høy kvalitet på innholdet, da alt som publiseres må gjennomgå strenge krav som potensielt sikrer at informasjonen er oppdatert og pålitelig. Utgivelsene til databasene er i tillegg sikret av opptil flere uavhengige eksperter på fagområdet. Derimot har søkemotoren Google Scholar ingen strenge krav til kvalitetssikring av innholdet og gjør det lett å søke bredt etter vitenskapelig litteratur (Rienecker & Jørgensen, 2013). På siden sorteres søkene etter relevans og man kan sortere hvor ofte publikasjonen er blitt sitert i annen vitenskapelig litteratur.

Det har blitt søkt etter norsk og engelsk litteratur. Oria er i tillegg blitt brukt til å finne fagbøker på universitets biblioteker. Nettsiden til interesseorganisasjonen buildingSMART Norge er også blitt brukt. De jobber for bygg-, anlegg- og eiendomsnæringen for å sikre en effektiv digital plattform med åpenBIM, som er omtalt i delkapittel 3.4.6. På organisasjonens nettsider lenker og anbefaler de til andre nettsider, BIM-manualer og vitenskapelige publikasjoner.

For å finne relevant litteratur som svarer på problemstilling og forskningsspørsmål i delkapittel 1.3 og 1.4, og som følger avgrensningen i delkapittel 1.5 er følgende utgangspunkt for søkeord og fraser definert:

- Building information modeling (BIM)
- Anbudsprosess / Tilbudsfasen (Bid phase)
- Implementering (Implementation)
- Entreprenør (Contractor)
- Kalkulasjon / kostnadsestimering (Estimating techniques, cost estimation, 5D)
- Mengdeuttak (Quantity take-off)
- Detaljeringsgrad (LOD, Level of Development)

Søkeordene og frasene er brukt med boolsk søking, som er søkeoperatorer: «AND», «OR» og trunkering «\*». Det gjøres for å innsnevre søket ytterligere, og for å få ned støyen i søket. For eksempel gir søkeordet BIM mye støy i søkemotorene, noe som gjør at det er mer fordelaktig å bruke hele eller deler av frasen «Building Information Modeling». Ordene er brukt i ulike kombinasjoner med boolsk søking, synonymer, samt både på norsk og engelsk i de tidligere nevnte søkemotorene og databasene for å få et bredere søk. Rekkefølgen på punktene viser en grov oversikt over hvordan søket ble innsnevret.

Kildekritikk er en kritisk vurdering av litteraturen man trekker inn i oppgaven (Rienecker & Jørgensen, 2013). Siden sekundærkildene baserer seg på anvendelse av andres tolkning og argumentasjon, er det behov for et hjelpemiddel for vurdering av all informasjonen, selv for en artikkel i et tidsskrift som er faglig vurdert. Dette for å kvalitetssikre at litteraturen man trekker inn ikke har feil vinkling, særinteresser eller problemer med metoden, som er brukt for deres argumentasjon. Hjelpemiddelet *TONE* lansert av VIKO, og utarbeidet av NTNU Universitetsbiblioteket, er derfor blitt brukt som hjelp til litteratursøket. Ifølge VIKO (2010) så kan informasjonen vurderes etter følgende kriterier:

- **Troverdighet:** Går ut på kvalifikasjoner og annerkjennelse av forfatter sammen med kvalitetskontrollen til utgiver.
- **Objektivitet:** Handler om hvordan informasjonen presenteres og om forfatteren har interessekonflikter.
- **Nøyaktighet:** Handler om at informasjon er oppdatert, detaljert, bred og eksakt og har støtte fra flere kilder, i tillegg til saklighet.
- **Egnethet:** Går ut på om hvem publikasjonen er rettet mot og hvilke nivå som kreves av leseren.

I tillegg til hjelpemiddelet for kildekritikk, så har det blitt lagt vekt på at funnene støttes av andre publikasjoner, og at forfatteren eller utgiver har høyt antall sitering eller er anerkjente for sitt fagfelt i bransjen. Det samme gjelder validitet og reliabilitet i forhold til oppgavens problemstilling, som blir diskutert i delkapittel 2.3 for hver av forskningsmetodene brukt i oppgaven.

## **2.2.2 Dokumentgjennomgang og casestudier**

Som en forberedende aktivitet så er det gjennomført dokumentgjennomgang og casestudier av tidligere tilbudsunderlag. Den forberedende aktiviteten har blitt brukt for å finne hvilken metode som egner seg for å gå i dybden av tilbudsfasen, og videre for å kartlegge og avgrense problemstillingen med påfølgende forskningsspørsmål, samt utarbeidelse av intervjuguide. Undertegnede har i tillegg fått presentert flere IFC-modeller av kalkulasjonsleder, som har illustrert hvordan de jobber med IFC-modellen i kalkulasjonsbedriften, videre har undertegnede gått igjennom tilbudsunderlagenes beskrivelser, tegningsgrunnlag og IFC-modell som en ytterligere forberedelse. Dokumentgjennomgangen er i tillegg utført for interne rutiner og manualer tilknyttet tilbudsforespørsel, entreprise og bedriftens kalkulasjonsprogram, samt deres interne Excel-ark for mengdeberegning og mal for å sende tilbudsforespørsler. Da dette ble brukt som en forbedrende aktivitet, er funnene utelatt i resultatet.

For valg av casestudier har undertegnede tatt utgangspunkt i de 3 siste tilbudsunderlagene hvor det forelå en IFC-modell. Alle de 3 casene er vurdert som hensiktsmessig for å belyse problemstillingen da de dekker total- og generalentreprise, i tillegg så er det friskere i minne hos intervjuobjektene noe som styrker informasjonsmaterialet. Casestudiene er gjort i kombinasjon med intervjuene, og det er hovedsakelig svarene fra intervjuene som er med i resultatet.

## **2.2.3 Deltakende observasjon**

I perioden Januar til Mars har undertegnede hatt en deltidsstilling som kalkulasjonsassistent, i tillegg til oppgaveskrivingen hos Moderne Byggfornyelse. Deltidsjobben har vært betalt, men det er ikke blitt mottatt lønn eller lignende godtgjørelse fra bedriften for noe av arbeidet med selve oppgaveskrivingen. Problemstillingen med deltidsjobb i tillegg til masteroppgaver er diskutert og godkjent av hovedveileder. Underegnede har i tillegg utført deltakende observasjon for case 3, hvor det ble notert stikkord på dagen og skrevet sammendrag på kvelden. Observasjonene og notatene har sammen med dokumentgjennomgang og casestudier dannet grunnlaget for en intervjuguide. Deltakende observasjon ble ikke tatt med i resultatet, da det ifølge Olsson (2015) krever en distansering for å bli vellykket.



## 2.2.4 Kvalitativt intervju

I arbeidet med masteroppgaven ble det i april gjennomført 6 dybdeintervjuer med gjennomsnittlig varighet på samtalen på en time. De seks intervjuobjektene er alle tilknyttet Moderne Byggfornyelse, og alle har vært eller er tilknyttet kalkulasjonsavdelingen i større eller mindre grad. Flertallet har medvirket i ett eller flere av de tre casestudiene. Intervjuobjektene er daglig leder, administrerende direktør og kalkulasjonsavdelingen som består av en kalkulasjonsleder og tre prosjektledere. Størrelsen på kalkulasjonsavdelingen kan variere da enkelte prosjektledere følger prosjektet over i produksjonsfasen.

Valg av intervjuobjektene ble gjort på grunnlag av at de alle er nøkkelpersoner i bedriften som kan besvare forskningsspørsmålene. For at samtalene skulle besvare forskningsspørsmålene på en best mulig måte ble det utarbeidet en intervjuguide, i henhold til Olsson (2015) anbefalinger om å lage en intervjuguide som beskriver de forskningsspørsmål man ønsker å beskrive under intervjuene, se vedlegg A. Det er foretatt kvalitative intervjuer hvor det er laget en liste med ferdige spørsmål som har blitt stilt til intervjuobjektene. At intervjuet er mer strukturert er gjort med tanke på begrenset tid og manglende erfaring med intervjuer, noe som også er anbefalt av Larsen (2016). Prosessen med å utarbeide spørsmål ble i første omgang utarbeidet på bakgrunn av teorikapittelet. Det ble så foretatt en revisjon av spørsmålene og antall spørsmål ble betraktelig redusert ved hjelp av evaluering etter dokumentgjennomgang, casestudier og deltakende observasjon. For intervju spørsmålene om casestudiene var det kun satt av punkter for samtalen, intervjuobjektene stod da mere fritt til å presentere sine opplevelser og synspunkter.

Alle spørsmålene er stilt med tanke på å få åpne svar, de er likevel ferdig formulert for at det skal gi et godt grunnlag for å dekke problemstillingen. Det har i tillegg blitt valgt å stille alle spørsmålene i samme rekkefølge, for at det skal bli lettere å sammenligne svarene i ettertid, samt at alle spørsmålene blir besvart av alle. Intervjuguiden fungerte forøvrig som en veiledning, og det ble stilt flere oppfølgingsspørsmål. For de tre casestudiene var det relevant å fremstille deler av resultatet fra intervjuene tabellarisk.

På forhånd hadde alle fått overlevert intervjuguiden for gjennomlesning i forkant av intervjuet hvor det forelå en introduksjon, formål og metode til oppgaven. Det ble i tillegg under samtalen oppfordret til å ta opp temaer som er tilknyttet problemstillingen og forskningsspørsmålene. Det ble notert under alle de kvalitative intervjuene sammen med opptak. Intervjuobjektene fikk

alle en kopi av notater og av transkriberingen som ble brukt i resultatet for å unngå feilsitering og feiltolkning.

## **2.3 Oppgavens validitet og reliabilitet**

### **2.3.1 Validitet og reliabilitet**

Validitet betyr gyldighet og handler om å karakterisere informasjonenes relevans eller gyldighet når man driver med forskning (Larsen, 2016; Samset, 2014). For kvalitative metoder kan det være enklere å sikre høy validitet enn for kvantitativ metode, da prosessen er mer fleksibel hvor man kan foreta korreksjoner underveis ved å stille oppfølgingsspørsmål eller endre på spørsmålene (Larsen, 2016).

Reliabilitet viser til om informasjonen er pålitelig eller nøyaktig, noe som betyr om undersøkelsene i oppgaven er pålitelig og om prosessen med å hente inn informasjon er nøyaktig (Larsen, 2016; Samset, 2014). Når man snakker om kvalitativ metode er det ikke enkelt å sikre høy reliabilitet, noe som skyldes at ulike forskere kan tolke og legge merke situasjonen forskjellig (Larsen, 2016). For kvalitativ metode er ofte liten grad av etterprøvnbarhet, men for kvantitativ metode kan forskeren få tilnærmet like resultater ved samme undersøkelse. Utfordringen er likevel for kvalitativ metode at intervjuobjektet kan påvirkes av situasjonen eller intervjueren.

### **2.3.2 Litteraturstudie**

For bearbeiding av litteraturen er det brukt hjelpemiddelet TONE sine fire kriterier, som er nærmere beskrevet i delkapittel 2.2.1. Hjelpemiddelet har blitt brukt til kritisk vurdering av all litteratur som er trukket inn oppgaven. De fire kriteriene er troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet. Egnethet er kriteriet som vurderer kildens validitet og avgjør om kilden er relevant eller gyldig for teorien. For troverdighet, objektivitet, og nøyaktighet vurderer informasjonens reliabilitet. Det er derfor viktig å kvalitetssikre områder som utgiver, forfatter, interessekonflikter og nøyaktighet.

Delkapittel 3.1 til 3.5 er hovedsakelig akademisk litteratur med stor relevans og pålitelighet. For delkapittel 3.6 til 3.7, er en overveiende del av litteraturen utgitt av aktører i byggenæringen, leseren må derfor være oppmerksom at kilden kan ha interessekonflikter som svekker kildens objektivitet. Et annet poeng som bør legges merke til er at enkelte av kildene kan være av eldre dato, noe som kan gjøre at informasjonen kan være utdatert noe som svekker kildens reliabilitet. Dette skyldes at fagfeltet er i kontinuerlig utvikling, og det samme gjelder for programvarene.

Siden litteraturen i teorien oppgir referanser, så er etterprøvrbarheten til kildene god, noe som taler for god reliabilitet. Videre så understøttes flere av funnene i litteraturen hverandre, og det er i enkelte sammenhenger brukt tabeller for å utføre sammenligningen for å fremheve påliteligheten. I den grad det er mulig uten, å gå utover begrensningene til kildevurderingskriteriene TONE, så er informasjonen som er trukket inn i oppgaven nøyaktig og gyldig. Begrensningene i at masteroppgaven foregår over en bestemt perioder gjør at det likevel er mulig for feilsitering eller feilvinkling. Ingen av kildene brukt i oppgaven er hevet over enhver kritikk.

Hovedvekten av litteraturen som finnes om BIM og tilbudsfasen er basert på kvalitative metoder, som har liten grad av etterprøvrbarhet. Det er utfordrende å finne litteratur basert på kvantitativ metode, for litteraturen oftere er preget av casestudier som ikke er mulig å generalisere. Et annet dilemma er at den akademiske litteraturen er ensidig fremstilt positivt, noe som også kan ha påvirket teorien i denne oppgaven.

### **2.3.3 Casestudier**

Casestudiet skal ikke være representative eller generaliserbare, fordi resultatet av casestudiet er alltid tids- og stedavhengig (Olsson, 2015). Casestudiene har vært utgangspunkt for samtale i henhold til intervjuguiden. Casene gir kun en pekepinn på hvordan situasjonen er i dag for Moderne Byggfornyelse. Siden bedriften i all hovedsak utfører rehabiliteringsprosjekter og i en begrenset størrelse, så er overførbarheten begrenset. Validiteten er høy for bedriften og andre tilsvarende bedrifter, men når det kommer til reliabilitet så er det mye opp til forskerens tolkning av situasjonen, noe som gjør det vanskeligere å sikre god reliabilitet. For casestudiene så er hovedsakelig svarene fra intervjuene blitt brukt i resultatet.

### **2.3.4 Kvalitativt intervju**

Det er et bevisst valg at alle intervjuobjektene har bakgrunn for å belyse problemstillingen. Selv om antallet er begrenset til seks personer, skyldes det at i all hovedsak ikke var hensiktsmessige å ta inn flere fra bedriften som ikke var direkte involvert i kalkulasjonsprosessen i tilbudsfasen. Siden oppgaven var begrenset til å kun se på tilbudsfasen hos entreprenør, så har oppgavens begrenset tidsperiode vært en overveiende faktor for at det ikke ble intervjuet andre entreprenørbedrifter. Det er rimelig å anta at gyldigheten til resultatene er høy også for andre entreprenører, som driver med rehabiliteringsprosjekter, men også nybygg, samt undersøkelsen har overførbarhet til andre aktører som anvender BIM i tilbudsfasen. En utfordring med

tilbudsfasen kan være vanskelig å få bedrifter til å dele sine hemmeligheter om kalkulasjonsprosessen, da det er konkurranse om å vinne jobben.

At alle intervjuobjektene er fra samme bedrift, og at alle har vært eller er tilknyttet kalkulasjonsavdelingen kan ha ført til mye ensidige svar, noe som taler imot påliteligheten til resultatet. Likevel mener undertegnede at det har vært nødvendig at reliabiliteten har gått på bekostning av å få en dypere forståelse av tilbudsfasen og for å sikre god validitet. At intervjuobjektene er ukentlig i kontakt med et stort og bredt antall forskjellige byggherrer, rådgivere og underentreprenører, taler for at resultatet likevel er nøyaktig. Videre at bakgrunnen til de enkelte er bred når det kommer til alder, utdanning og tidligere erfaring, noe som taler imot ensidige svar og for påliteligheten til resultatet.

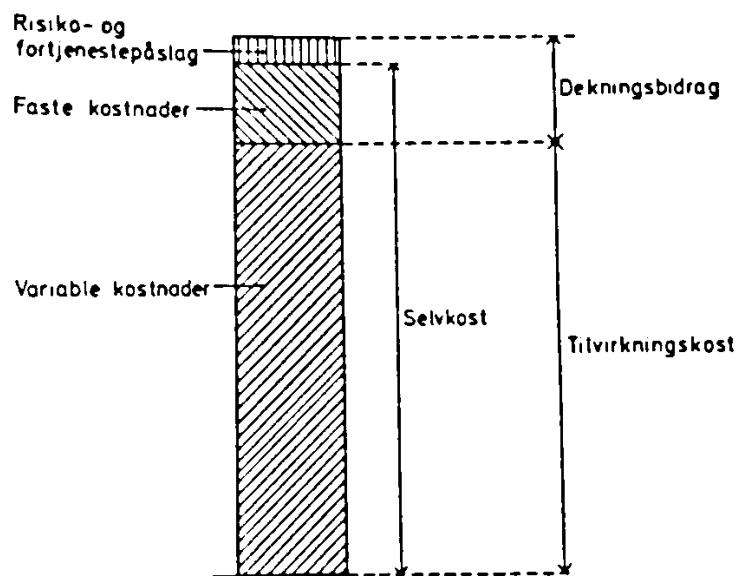
At intervjuobjektene er alle relevante nøkkelpersoner taler for høy validitet. Utarbeidelse av en intervjuguide styrker validiteten til oppgaven, da alle spørsmålene er relevant for å svare på forskningsspørsmålene og problemstillingen. Validiteten til spørsmålene understøttes også av revisjonen som ble foretatt ved å evaluere alle spørsmålene ved hjelp av dokumentgjennomgang, casestudier og deltakende observasjon. En utfordring for validiteten til intervjuobjektene kan ha blitt påvirket av situasjonen og av intervjueren, spørsmål man kan stille seg er om de hadde svart noe annet neste dag. Her mener undertegnede at det er lite rom for feilsitering og feil tolkning av resultatene noe som taler for god validitet av resultatet. Dette skyldes at intervjuobjektene fikk tilsendt notater og transkriberingen som ble brukt i resultatet. Undertegnede har vært tilgjengelig i bedriften i perioden etter intervjuene fant sted, en del av tiden har blitt brukt til å stille oppfølgende spørsmål og for å tydeliggjøre svarene. Dette styrker reliabiliteten til oppgaven ytterligere.

## 3 Teori

### 3.1 Anbudsprosessen

#### 3.1.1 Generelt

Anbudsprosessen hos en entreprenør er alle arbeidsoppgavene en bedrift har fra anbudsinnbydelsen er registret til en potensiell kontrakt er inngått (Fjelldal & Moe, 2009). Videre definerer de kostnadsestimering som kalkulasjon av selvkost, som er summen av faste og variable kostnader. Tilsvarende definisjon av summen av selvkost er anbudskalkulasjon (Holm, 1990). Faste kostnader er kostnader uavhengig av produksjonsmengde, og variable kostnader er kostnader som ikke er faste og kan knyttes direkte til prosjektet (Fjelldal & Moe, 2009). I følge (Holm, 1990) så beløper de variable kostnadene se til 80-90 % av de totale kostnader. Figur 3.1 viser en illustrasjon av selvkost og dekningsbidraget. Ved prissetting i anbudssammenheng så tilføres det et samlet påslag med tanke på risiko, fortjeneste og faste kostnader. Påslaget er ofte en bestemt prosentandel av selvkost (Fjelldal & Moe, 2009).



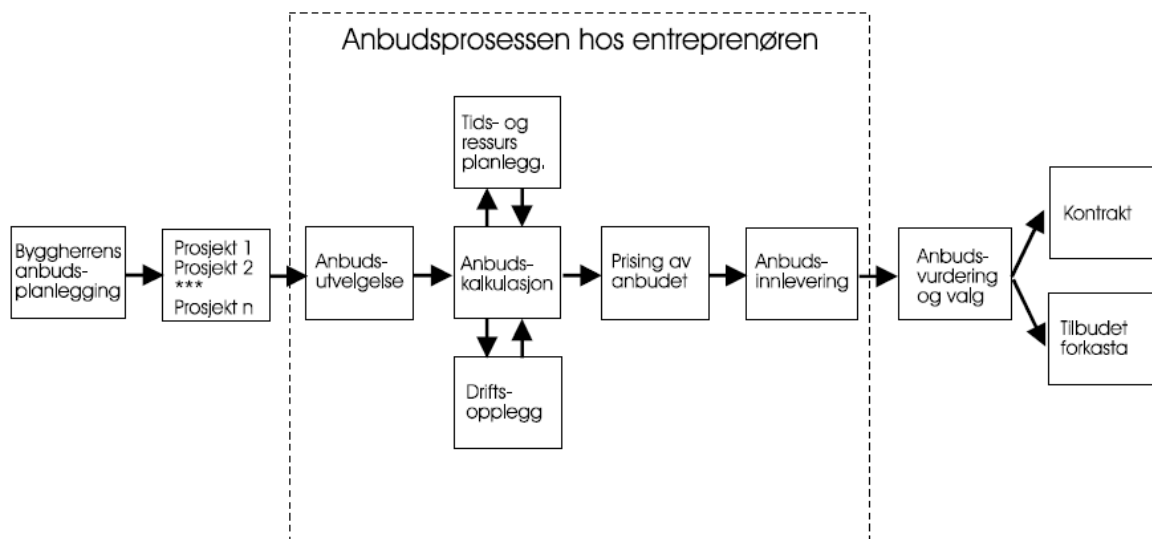
Figur 3.1: Illustrasjon av dekningsbidrag (Holm, 1990)

#### 3.1.2 Faser

Ifølge Fjelldal & Moe (2009) så kan anbudsprosessen deles inn i åtte faser:

- 1) Registering av anbudsinnbydelse
- 2) Utvelgelse av aktuelle anbud
- 3) Kostnadsestimering
- 4) Tids- og ressursplanlegging
- 5) Driftsplanlegging
- 6) Prising av anbud
- 7) Anbudsinnlevering
- 8) Kontraktsforhandling eller kontrakt

Figur 3.2 viser rekkefølge og prinsippet til hvordan anbudsprosessen foregår mellom byggherre og entreprenør. Innenfor stiplede linje er selve anbudsprosessen for entreprenør og pilene viser rekkefølgen på de åtte fasene.



Figur 3.2: Anbudsprosessen hos entreprenøren (Fjellidal & Moe, 2009)

Fasene i anbudsprosessen beskrives med utsendelse av anbudsgrunnlag, anbudsutforming, anbudsvurdering og kontraktsinngåelse (Holm, 1990). En anbudsinnbydelse er i denne sammenheng en oppfordring eller invitasjon til entreprenør fra byggherre, om å gi et anbud på en spesifisert vare eller tjeneste (Fjellidal & Moe, 2009). Anbudsutvelgelse er en utvelgelsesstrategi og for en entreprenør med begrensede ressurser må man prioritere hvilke prosjekter som det skal satses på. Taper entreprenøren konkurransen så påfører dette selskapet utgifter som må dekkes inn fra andre aktiviteter eller fremtidige oppdrag. Dette kan bety at tapet må dekkes inn med påslag på neste anbud, noe som kan påvirke muligheten for å vinne neste anbud. Undervurderer entreprenøren risikoen kan det være perioder der oppdrag ikke dekker faste kostnader, noe som resulterer i tap (Holm, 1990).

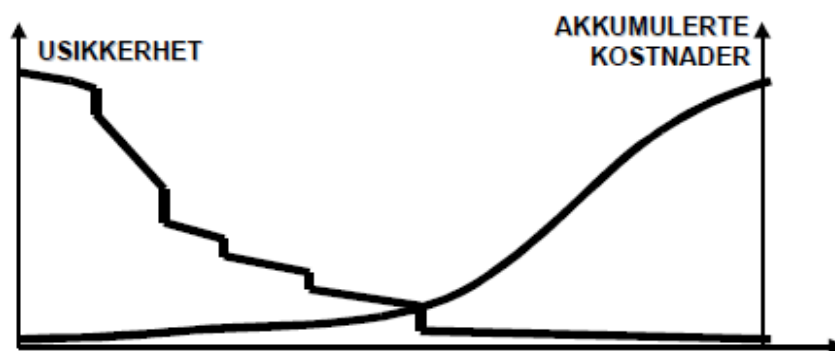
Anbudskalkulasjonen er ferdig når det er utarbeidet en forhåndskalkyle av selvkost og påslaget er bestemt (Fjellidal & Moe, 2009). En *kalkyle* er et resultat av beregningen til entreprenøren som kartlegger de økonomiske forhold, en kostnadsestimering kan være å beregne prisen på hva prosjektet vil koste. Dette er ord og uttrykk som forekommer ofte i sammenheng, og det er ikke alltid uttrykkene brukes i sin egentlige betydning. Forhåndskalkyle er å på forhånd finne kostnader som må til for å utføre prosjektet. Når man finner den virkelige kostnaden så utfører man en etterkalkyle. Det som skiller etterkalkyle fra forhåndskalkyle er at ressursforbruk og kostnader er kjent (Holm, 1990). Forhåndskalkyle er det man utfører når man skal finne prisen

på arbeidet og gi et anbud eller tilbud. Anbud og tilbud brukes ofte synonymt om hverandre, forskjellen er at ved tilbud så er det lov å føre forhandling, noe som er forbudt ved anbud. I resterende del av oppgaven vil anbudsprosessen omtales som tilbudsfasen.

## 3.2 Byggeprosessen

### 3.2.1 Usikkerhet og informasjon

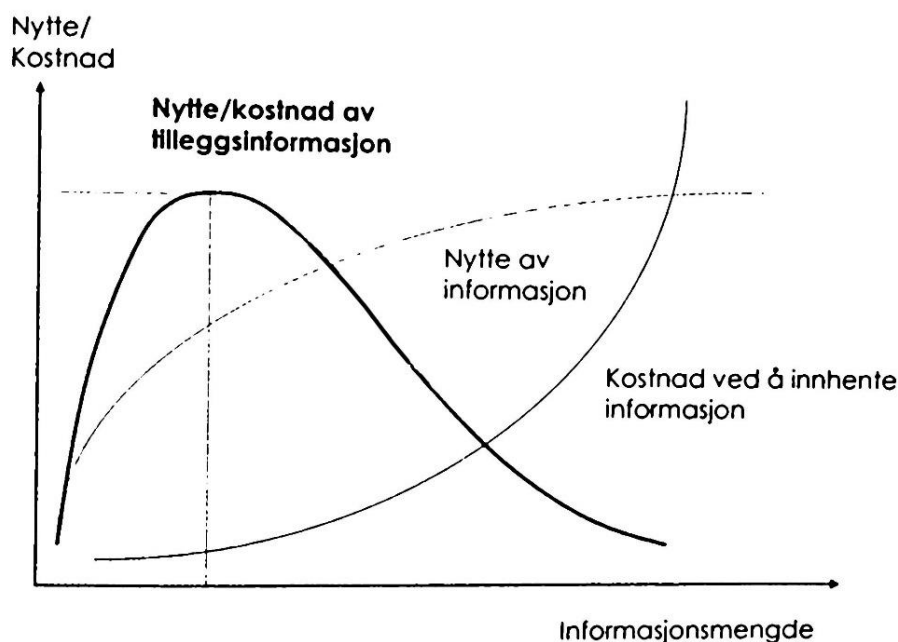
Eikeland (1998) illustrer med figur 3.3, at usikkerheten reduseres ved at det blir mer og mer informasjonsflyt utover i byggeprosessen. Usikkerhetsmomentet synker på grunn av at innholdet og omfanget av prosjektet blir bestemt med kontrakter. Summen av kostnadene til prosjektet vil ha en kurve tilsvarende utvikling som usikkerhetene, men med en stigende utvikling. For denne utvikling mellom usikkerhet og kostnader, fremhever Samset (2014) at når usikkerheten øker så blir beslutningstakingen vanskeligere. Videre så øker forutsigbarheten ved at tilgangen på informasjon øker, som gjør at man kan ta beslutningen som sikrer at tilstanden som ønskes blir realisert. Dette utdypes med dersom det foreligger all relevant informasjon så foreligger det heller ingen usikkerhet. Motsatt om informasjonen er dårlig så vil usikkerheten være stor.



Figur 3.3: Usikkerhet og akkumulerte kostnader i prosjektets livsløp (Eikeland, 1998)

### 3.2.2 Informasjonens kostnad og nytte

Samset (2014) belyser informasjonens kostnad og nytte av informasjon i et prosjekt. Informasjonsgrunnlaget trekkes frem som at det aldri blir perfekt uansett antallet ressurser som går til å prosjektere. Som illustrert i figur 3.4, så er det normalt å anta at nytten av tilleggsinformasjon vil synke, mens kostnaden av tilleggsinformasjonen vil øke. Det belyses videre med at informasjonsmengden skal være mest mulig relevant og at det ikke er mengden av informasjon som avgjør nytten av informasjonen i prosjektet. Videre trekkes kvalitet fremover kvantitet, og for presisjonsnivået påpekes det at kostnaden øker betraktelig sammen med presisjonen.



Figur 3.4: Informasjonens kostnad og nytte (Samset, 2014)

### 3.2.3 Endringsarbeid

Feil i prosjekteringen medfører betydelige ekstrakostnader i de ulike fasene av byggeprosessen (Grimsmo, 2008). En feil i forprosjektet som påfører prosjektet kostnader i detaljprosjekteringen er en prosjekteringsfeil. I følge Eikeland (1998) vil kostnader knyttet til å rette feil og korrigere avvik på kvaliteten være en av de viktigste årsakene til de økte kostnadene og ressurs- og timeforbruket i prosjektet, og videre vises det til at det er mindre ressurskrevende å hindre feil, enn først å feile, for så å rette.

Ved å ha kontroll på endringsomfanget så ligger det et stort potensiale for å redusere byggekostnader (Grimsmo, 2008). De viktigste årsakene til endringskostnader:

- Endring i prosjektering
- Uavklarte brukerønsker
- Dårlig samarbeid
- Manglende kontroll og faglig feil
- Utilstrekkelig prosjektering

For å unngå prosjekteringsfeil anbefaler Grimsmo (2008) styrking av kvalitetskontrollen hos de prosjekterende. Dette for å unngå faglige feil også for å få ned antallet detaljfeil i beskrivelse og i plantegninger. Han viser til sine analyser hvor han fant at 24 % av endringskostnadene skyldes feil i tegninger, beskrivelse og arbeidstegninger. Kollisjoner på byggeplass utgjør 8%, de største feilkostnadene skyldes store enkeltfeil som feil i bærekonstruksjon. Det finnes i midlertid en grense for kvalitetssikring med tanke på at det vil koste mer enn det man kan spare, derfor må kvalitetssikringstiltakene optimaliseres mot kvalitetskostandene (Eikeland, 1998).



### 3.3 Kalkulasjonsmetoder

Hvilken kalkulasjonsmetode man skal bruke avhenger av kjerneprosessen, en prinsipiell oversikt er vist i tabell 3.1. Kostnadsantakelser er den groveste metoden for å finne kostnaden, og vanligvis brukes erfaringstall som kostnad per kvadratmeter og andre mindre brukte varianter som kostnad per arbeidsplass (Holm, 1990). Kostnadsanslag er at kostnader spesifiseres for om det gjelder kontor, kjeller eller parkeringshus og liknende for en aktuell bygning. Metodens nøyaktighet er  $\pm 10 - 20\%$  avvik fra etterkalkyle, noe som begrenser brukbarheten av resultatet. Nøyaktigheten er her forskjellen mellom anvendt kalkulasjonsmetode og etterkalkyle. Kostnadsoverslag baserer seg på bruk av elementpriser inndelt etter karakteriske elementer som innervegg, yttervegg, tak og likende. Kostnadsberegning er ofte «eksakt» beregning med definerte forutsetninger. Her brukes elementprisene direkte, hvis de ikke må bli tilpasset forholdet, knyttes kostnadsberegningene til erfaringstall som materialforbruk, tidsforbruk og maskinforbruk og likende. En grundigere beskrivelse av kalkulasjonsmetodene er presentert i delkapittel 3.3.1-3.3.4.

*Tabell 3.1: Skjema for sammenheng mellom kjerneprosessen, aktivitet, kalkulasjonsmetode og nøyaktighet (Holm, 1990; Holm et al., 2005)*

Kjerneprosess	Aktivitet	Beskrivelse	Kalkulasjonsmetode	Nøyaktighet	
				(Holm, 1990)	(Holm et al., 2005)
Programmering	-	Kostnadsantakelse	Tipping	$\pm 20 - 30\%$	-
Prosjektering	Forprosjekt	Kostnadsanslag	Arealprismetoden	$\pm 10 - 20\%$	$\pm 10 - 20\%$
	Hovedprosjekt	Kostnadsoverslag	Elementmetoden	$\pm 5 - 15\%$	$\pm 5 - 10\%$
	Detaljprosjekt	Kostnadsoverslag	Elementmetoden	$\pm 5 - 15\%$	$\pm 5 - 10\%$
Kontrahering	-	Kostnadsberegning	Detalj kalkulasjon	$\pm 5 - 10\%$	$\pm 2 - 4\%$
Driftsfase		Regnskap	Etterkalkyle	0%	0%

### 3.3.1 Tipping

Tippmetoden er en grov overslagskalkyle som Fjelldal & Moe (2009) fraråder, siden det ikke har noe med kalkulasjon å gjøre, dette fordi sannsynligheten for at man tipper feil pris på arbeidet er høy, selv om selskapet sitter på resurser med verdifull kunnskap om priser. Her vil man for eksempel operere med kun én gjennomsnittlig arealkostnad for hele bygningen (Holm, 1990).

### 3.3.2 Arealprismetoden

Denne metoden anslår en pris pr. arealenhet ved å benytte erfaringstall og statistikk fra tidligere tilsvarende prosjekter (Fjelldal & Moe, 2009). Denne metoden er populær på grunn av sin enkelhet (Brook, 2012). Det er en metode som gir et kostnadsanslag og er ikke anbefalt å benytte til anbudskalkulasjon (Fjelldal & Moe, 2009). Det at metoden baserer seg på tilsvarende prosjekter gjør at justeringer baserer seg på subjektive meninger om størrelse, form, antall etasjer, grunnforhold og byggemateriale (Brook, 2012). At metoden ikke tar for seg geometrien til bygget og subjektive meninger kan føre til store feil i kalkulasjonen (Potts & Ankrah, 2013). Aktuelle kostnadsparametere er ifølge Holm (1990):

- Funksjon (bolig, kontor, o.l.)
- Kvalitet (lav, normal, høy)
- Antall etasjer
- Form (balkong, etasjehøyde, o.l.)
- Innredning (innervegger)
- Last og spenn (nyttelast, spennvidder)
- Fundamentforhold
- Størrelser
- Prisnivå (tid og sted)
- Effektivitet (planløsning, organisasjon, o.l.)

### 3.3.3 Elementmetoden

Denne metoden er en populær og rask metode for å finne enhetspris på elementer (Fjelldal & Moe, 2009; Holm, 1990). Opprinnelig er metoden en forenklet kostnadsberegning basert på elementer, det vil si vegger, tak, elkraft og liknende (Holm, 1990). Enhetspriser er kostnaden av hver enhet inkludert påslag og bygger gjerne på egne erfaringer. Det kan være vanskelig å vite hvilken informasjon som inngår i enhetsprisen og det er viktig å vite hvordan elementet er priset og hvilke mengder som inngår slik at man kan tilpasse prisen etter egne forutsetninger til prosjektet (Fjelldal & Moe, 2009). Ved beregning av element så regnes veggflaten uten å ta hensyn til mindre åpninger og døråpninger (Holm, 1990). Bygget deles opp i enheter som er nærmere definert etter NS 3451 «Bygningsdelstabell» (Fjelldal & Moe, 2009; Holm, 1990). Elementmetoden har ikke kostnadstall for alle fysiske deler i et bygget, metoden tar ikke med

grunnarbeider og fundamenter som må vurderes i tillegg (Holm, 1990). Elementene er basert på erfaringsdata som tid, mengde, kvalitet og lokasjon (Potts & Ankrah, 2013). Typiske erfaringsdata som er utgangspunkt for enhetspris er ifølge Fjelldal & Moe (2009):

- Tidligere erfaring med materialkostnader
- Lønninger og utgifter til personell, maskiner og utstyr
- Tidligere erfaring med tidsforbruk per enhet (produktivitet).

Erfaringsdataen er gjerne samlet i en prisbank, sammen med faktorer som kan innvirke på enhetsprisen (Fjelldal & Moe, 2009). Dette kan være faktor for svinnpersent av materiale, for volum og vanskelighetsgrad.

### **3.3.4 Detalj kalkulasjon**

Denne metoden er ressurskrevende og omfattende når hver arbeidsoperasjon og komponent kalkuleres hver for seg (Fjelldal & Moe, 2009). I følge Holm (1990) er dette en metode som er for tidkrevende i prosjekteringsfasen og gir dårlig oversikt. All den omfattende informasjonen til komponentene gjør at det anbefales å bruke dataprogrammer som gir oversikt og systematikk (Fjelldal & Moe, 2009). Metoden baserer seg på direkte kostnader som materialer og lønn, og indirekte kostnader som avskrivning, renter, administrasjon, og liknende (Holm, 1990).

## 3.4 BIM - Building Information Modeling

### 3.4.1 Definisjon

BIM er en forkortelse for det engelske uttrykket «Building Information Modeling» (Eastman et al., 2011). I en delt norsk definisjon fra Statsbygg (2013) og Buildingsmart (2011) så står BIM for bygningsinformasjonsmodell når man omtaler produktet og bygningsinformasjonsmodellering når man snakker om prosessen. I litteraturen er det ulike definisjoner av hva BIM står for, og de fleste publikasjoner har gjerne sin egen versjon (Azhar, 2011; Barlish & Sullivan, 2012; Boligprodusentenes Forening, 2012; Buildingsmart, 2011; Eastman et al., 2011; Hardin & McCool, 2015; Statsbygg, 2013) Dette skyldes at det ikke finnes en etablert definisjon av hva BIM er, dette fordi BIM brukes ulikt i ulike sammenhenger (Barlish & Sullivan, 2012). Med utgangspunkt i den norske definisjonen av begrepet BIM, så vil heretter bygningsinformasjonsmodell og bygningsinformasjonsmodellering omtales som BIM når det både kommer til prosess og produkt.

### 3.4.2 Produkt

En enkel oversikt over alle bruksområdene til produktet BIM er samlet i tabell 3.2. Tabellen viser hvilke bruksområder som er mulig for byggherre, rådgivere og entreprenør.

*Tabell 3.2: BIM bruksområder for byggherre, prosjekterende og entreprenør*

*(Azhar et al., 2012: min oversettelse)*

<b>Bruksområder</b>	<b>Byggherre</b>	<b>Rådgivere</b>	<b>Entreprenør</b>
Visualisering	•	•	•
Alternativanalyse	•	•	
Levedyktighet (SIA)	•	•	
Kostnadsprognoser og prosjektkontroll		•	•
Kostnadsestimering	•	•	•
Logistikk på byggeplass	•		•
Fremdriftsplanlegging (4D) og prosjektstyring		•	•
Vurdering av byggbarhet		•	•
Bærekraftig design (designanalyse)	•	•	•
Forvaltning, drift og vedlikehold	•		

### 3.4.3 Prosess og dimensjoner

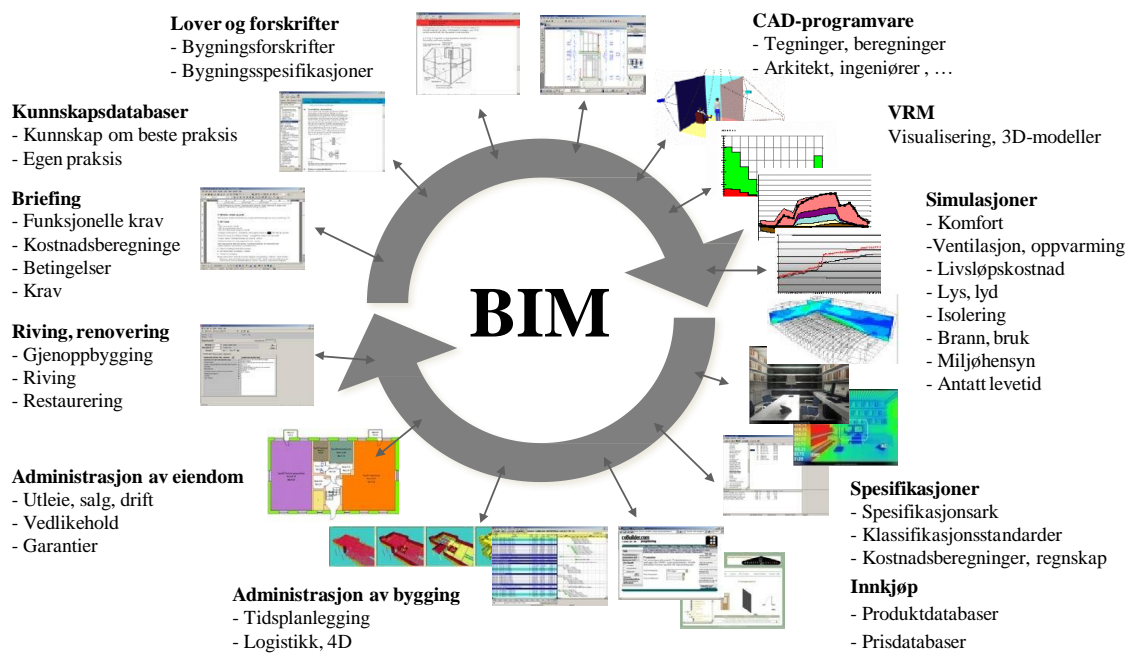
BIM-prosessen er informasjons- og ressurs håndteringen av selve byggeprosessen (Boligprodusentenes Forening, 2012). BIM kan brukes som en prosess til mengdeuttak for kostnadsestimering, kollisjonskontroll, driftsplanlegging, tids- og ressursplanlegging i tilbudsfasen (Azhar, 2011; Eastman et al., 2011). BIM brukes i hovedsak til samarbeid, koordinering, kollisjonskontroll, og for arbeidsrekkefølgen ved utførelse (Eastman et al., 2011; Hardin & McCool, 2015). Modellen er mer enn en 3D-prepresentasjon av bygningen og omfatter flere dimensjoner (Azhar, 2011; Eastman et al., 2011; Hartmann et al., 2008; Smith et al., 2016). Legg til en ekstra dimensjon til modellen, så får man den fjerde dimensjonen kalt tid (4D). Videre ved å legge til en ytterligere dimensjon til modellen så får man den femte dimensjonen kalt kostnad (5D). Det å innføre de to dimensjonene 4D og 5D til 3D-modellen med BIM, så kan det redusere tidsbruk, konflikter og feil i manuelt mengdeuttak som kan oppstå ved tradisjonelle metoder og prosesser (Watt, 2007). En grov oversikt over de mest kjente dimensjonene av BIM er presentert i tabell 3.3.

*Tabell 3.3: De ulike dimensjonene av BIM*

Dimensjon	Generell beskrivelse
<b>3D-BIM</b>	En geometrisk modell med utstrekning og orientering i x-, y- og z-planet (Boligprodusentenes Forening, 2012). Det muliggjør blant annet visualisering i tidligfasen, kollisjonskontroll i prosjekteringsfasen, prefabrikker og valgt arbeidsrekkefølge i gjennomføringsfase (Eastman et al., 2011). 3D-modellen ses på som en naturlig utvidelse av 2D-plantegninger (Czmoch & Pękala, 2014).
<b>4D-BIM</b>	Knytter den geometriske 3D-modellen med dimensjonen tid for å kunne utarbeide fremdriftsplanen (4D). Den utarbeidede fremdriftsplanen kan simulere gjennomføringsfasen over tid med nøyaktig planlegging for leveringstider av produkter og materialer (Czmoch & Pękala, 2014). Simuleringen kan avdekke utforutsette problemer og gir muligheten til også å forbedre koordinering av byggeplass, antall arbeidere, HMS og liknende (Eastman et al., 2011).
<b>5D-BIM</b>	Er fremdriftsplanen (4D) kombinert med kostnader. Den femte dimensjonen brukes primært til kostnadsestimering, sammen med å finne produktivitet og antall timeverk (Czmoch & Pękala, 2014). Ved hjelp av 5D-BIM kan man enkelt sammenligne antall timeverk og totale prosjektkostnader ved ulike alternativer for å optimalisere investeringen.

### 3.4.4 BIM i byggets livsløp

BIM-hjulet i figur 3.5 også kjent som bygningsinformasjonssirkelen illustrerer idéen bak buildingSMART sitt åpne filformat IFC (Westgaard et al., 2010). Videre har ikke åpenBIM fått fullt gjennomslag, til tross for statlig pådrivere. Hjulet er derfor kun en illustrasjon av ønsket informasjonsflyt mellom tverrfaglige aktører gjennom hele byggets livsløp med det åpne filformatet IFC.



Figur 3.5: BIM-hjulet (Haug, 2015)

### 3.4.5 Potensialet til BIM

BIM gir muligheter for å kunne identifisere trender, mønstre og potensielle problemer på et avansert nivå som tidligere ikke var mulig (Hardin & McCool, 2015). BIM sees på som et paradigmeskift i byggebransjen siden det åpner opp for tverrfaglig samarbeid (Azhar, 2011). Verdien av den tverrfaglig påvirkningen og verdien av andres arbeid er blitt viktigere enn før (Westgaard et al., 2010). Potensialet ved å implementere BIM er blitt beskrevet i flere litterære kilder, en grov oversikt er oppsummert i tabell 3.4. Dette er fordeler som taler for å implementere BIM uavhengig av aktør.

Tabell 3.4: Fordeler med å ta i bruk BIM uavhengig av aktør

Referanse	Økt samarbeid og kontroll	Forbedret produktivitet (mindre konflikter og endringer)	Bedre kvalitet	Raskere gjennomføring av prosjektet	Reduserte kostnader	Nye muligheter for bedriften
(Azhar et al., 2008)	•		•	•		•
(Eastman et al., 2011)	•	•	•	•	•	•
(Hardin & McCool, 2015)	•	•	•	•	•	•
(Giel & Issa, 2013)		•	•	•		

Følgende tallfestet erfaring om potensialet til BIM i litteraturen, er basert på data fra 32 casestudier utført i 2007, hvor Azhar (2011) viser til følgende erfarte fordeler ved bruken av BIM:

- 40 % reduksjon i endringskostnader.
- Kostnadsestimering med nøyaktighet innen 3 %.
- Opptil 80% reduksjon i tiden det tar for å komme frem til en forhåndskalkyle.
- Opptil 10 % innsparing ved kollisjonskontroll.
- Opptil 7 % reduksjons av prosjektets tid.

I en annen casestudie hvor det ble funnet tilsvarende positive erfaringer, men av eldre dato utført av Hartmann et al. (2008) har de sett på 26 prosjekter over hele verden fra 1997 til 2003. Her vises det til følgende erfaringer:

- Opptil 25 % reduksjon i tiden som brukes for å utføre kostnadsestimering ved automatisk mengdeuttak.
- Mengdeuttak med 3D-modeller er mer nøyaktig enn med 2D-plantengninger.
- Opptil 80 % reduksjon i tiden det brukes for utføre en detaljkalkulasjon når modellen var tilknyttet et objektbibliotek med kostnader.
- Kostnadesestimeringen med nøyaktighet innen 3% etter detaljprosjektering.

### 3.4.6 IFC

Den internasjonale organisasjonen buildingSMART jobber for å bedre samhandling, ressurseffektivisering og lønnsomhet i byggenæringen ved hjelp av et åpent utvekslingsformat som kalles IFC, også kjent som åpenBIM (Boligprodusentenes Forening, 2012; Kokslie, 2015). Ved åpenBIM kan man utvikle åpne standarder som sikrer fri dataflyt. Et viktig poeng med IFC er at det åpner for muligheten å gjenbruke modellen, stille grunnleggende og standardiserte krav til etablering av modellen og selve prosessen (Westgaard et al., 2010). Dette gjøres igjennom åpenBIM som er summen av standardisert datamodell, dataordbok og prosess, noe som er nærmere forklart i tabell 3.5.

Tabell 3.5: Datamodell (IFC), Dataordbok (bsDD) og Prosess

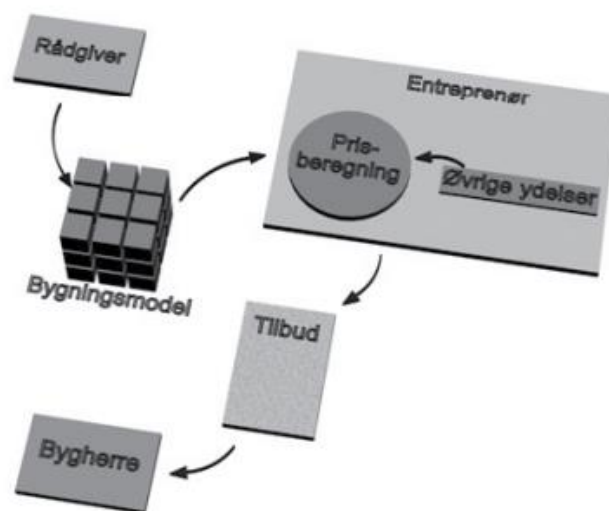
<b>BuildingSMART Datamodell (IFC)</b>	IFC er et filformat som muliggjør hvordan aktørene i byggenæringen kan strukturere og utveksle relevant informasjon med hverandre, uavhengig av programvare (Buildingsmart, 2014). Formatet er basert på standarden ISO 16739.
<b>BuildingSMART Dataordbok (bsDD)</b>	Dataordboken bsDD, tidligere kalt IFD får datamaskinene til å snakke samme språk ved at dataordboken gir et felles grunnlag for terminologi som gjør at alle modeller får entydig tolkning (Buildingsmart, 2016). Hensikten er å automatisere og effektivisere produkter med tanke på spesifisering, søk, bestilling, og FDV-dokumentasjon i en felles database. Dataordboken er basert på den internasjonale standarden ISO 12006-3.
<b>BuildingsSMART Prosess</b>	Proessen ble tidligere kalt IDM, er en standardisert prosess og leveranse spesifisering som beskriver roller, prosedyrer, og krav til leveranser i prosjektet (Buildingsmart, 2015). Hensikten er å få de ulike rollene til å jobbe mer effektivt sammen. Prosessen er basert på den internasjonale standarden ISO 29481.



## 3.5 Tilbudsfasen med BIM

### 3.5.1 Generelt

Bygningsinformasjonsmodellen er bindeleddet for informasjon i byggeprosessen (Jespersen, 2008). Potensielle tilbydere kan bruke BIM til mengdeuttak for kostnadsestimering (Byström, 2012). I vedlegg B kan man se et detaljert prosesskart som viser hele byggeprosessen, inkludert tilbudsfasen hos entreprenør. Prosessen viser at rådgivere utarbeider et tilbudsgrunnlag til entreprenør, hvor entreprenør utarbeider en kalkyle for så komme med tilbud til byggherre for videre kontrahering. En forenklet oversikt er vist i figur 3.6 under, som illustrerer informasjonsflyten delt med en BIM-modell og viser hvordan BIM kan brukes som tilbudsgrunnlag i tilbudsfasen (Jespersen, 2008). Øvrige ytelser er her byggevareleverandører og underentreprenør som vil komme med prisinformasjon til for eksempel en tilbudsforespørsel.



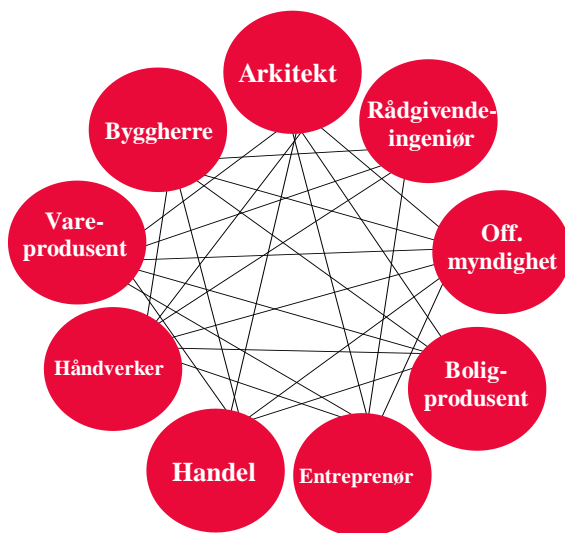
Figur 3.6: BIM er bindeleddet for informasjon i byggeprosessen (Jespersen, 2008)

### 3.5.2 Endret informasjonsflyt i den tradisjonelle tilbudsfasen

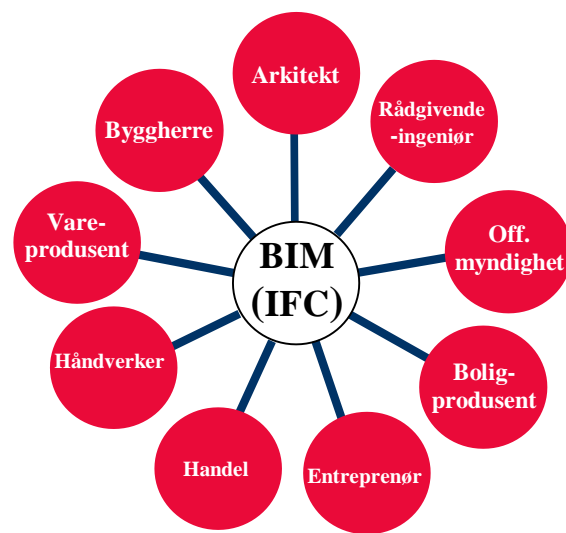
En overgang fra tradisjonell 2D-plantegninger til 3D-modeller med BIM er en helt ny tilnærming til hvordan byggherre, rådgivere og entreprenører håndterer de ulike fasene i byggeprosessen og i tilbudsfasen, igjennom hele levetiden av prosjektet (Read et al., 2012). På tradisjonelt vis så er hver plantegning tegnet isolert og det er ingen relasjon til de andre plantegningene (Bryde et al., 2013) Dette gjør at arbeidsoppgaver som fremdriftsplanlegging, mengdebeskrivelse og plantegninger må oppdateres manuelt (Eastman et al., 2011; Smith & Tardiff, 2009).

Med en programvare for BIM gjør det mulig å generere og hente ut oppdaterte plantegninger fra 3D-modell, samt mengdeuttak til mengdebeskrivelse (Read et al., 2012). Med BIM så lages det en parametriske modell som tillater et høyt nivå av effektivitet, kommunikasjon og samarbeid (Bryde et al., 2013). Dette sikres ved en delt IFC modell som samler all informasjonen i en database, og gjør at alle aktørene kan snakke sammen med forskjellig programvare (Chen et al., 2005). Det at de ulike fagene som jobber med forskjellig programvarer ikke kan kommunisere med hverandre, vil være en barriere for løsninger og samarbeid (Bråthen, 2015). Videre vil lav teknisk samhandling mellom fagene og aktørene skape ekstra arbeid på grunn av manuell inntasting av allerede eksisterende data med muligheten av tap av informasjon. BIM gjør at rådgivere og entreprenører kan konstruere bygget virtuelt, før det i virkeligheten er bygd (Smith & Tardiff, 2009). Dette gjør at man kan forutse og rette feil mye tidligere i prosessen, mye raskere og til en mye lavere kostnad det ellers ville være. Det å løse åpenbare kollisjoner er en av de store fordelene til BIM, men også å øke nøyaktigheten ved mengdeberegning spesielt i tidligfase og prosjekteringsfasen (Choi et al., 2015).

Ved tradisjonell informasjonsflyt illustrert i figur 3.7, så har hele kjeden av manuell informasjon skapt mange muligheter for kommunikasjonssvikt, og det går store ressurser til kvalitetssikring (Bryde et al., 2013; Chen et al., 2005). Ved å implementere BIM i prosessen som illustrert i figur 3.8, så kan man eliminere overflødig bruk av ressurser for å bedre kommunikasjonen, og heller prioritere ressursbruken til å forbedre design og utførelse.



Figur 3.7: Tradisjonell informasjonsflyt i et tverrfaglig samarbeid (Hjelseth, 2013)



Figur 3.8: Informasjonsflyt med en delt BIM-modell (IFC) i et tverrfaglig samarbeid (Hjelseth, 2013)

### 3.5.3 Endret kalkulasjonsprosess med BIM

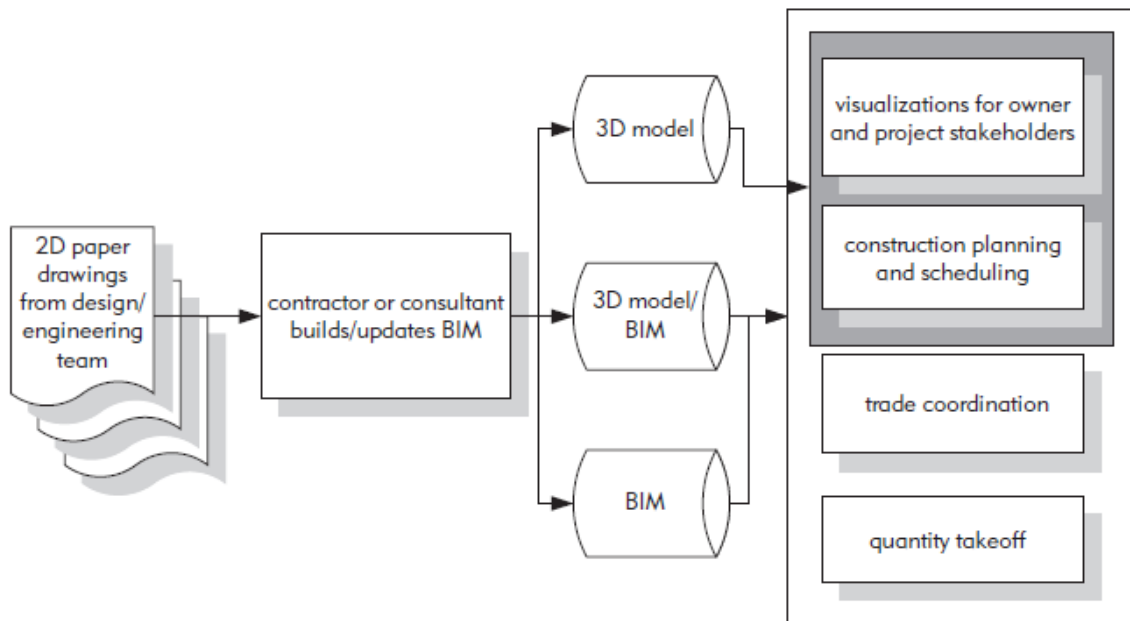
Den tradisjonelle måten å gjøre kostnadsestimering på er at entreprenøren mottar plantegninger som er knyttet til prosjekteringen (Eastman et al., 2011; Fjelldal & Moe, 2009; Hardin & McCool, 2015). Entreprenøren mottar PDF-filer eller utskrift av tegninger fra arkitekt eller rådgiver for så manuelt utføre mengdeberegning (Hardin & McCool, 2015). Tiden det tar å utføre de mer tradisjonelle mengdeberegningene hevdes å kunne utgjøre 50-80% av tiden brukt i kalkulasjonsprosessen (Autodesk, 2007; Rundell, 2006). At kalkulasjonsprosessen er tidkrevende gjør at kostnadsestimeringen ikke utføres før nærmere slutten av prosjekteringsfasen (Eastman et al., 2011).

Som tidligere introdusert i kapittel 3.5.2, så fører tradisjonell informasjonsflyt til tap av informasjon, dette inkluderer også muligheten for menneskelig feil, og følgefeil fra de originale tegningene (Rundell, 2006). Arkitekten og rådgiveren vil i tillegg fortsette å tilpasse og forbedre tegningene mens entreprenøren jobber med tidligere mottatt dokumenter når de gjør sine beregninger i tilbudsfasen (Hardin & McCool, 2015). Det er vanlig at entreprenører overtar eller tilrettelegger sin egen 3D-modell, som er modellert etter plantegninger (2D) fra de prosjekterende (Eastman et al., 2011). Om ikke modellen er nøyaktig, så vil heller ikke kalkylen bli nøyaktig. (Hardin & McCool, 2015). Videre at kalkulatøren forstår hvordan informasjonen lagres i informasjonsmodellen, for modellen baserer seg på en database som inneholder informasjon som kan både påvirkes positivt og negativt. Ifølge Eastman et al. (2011) så inneholder en ideell BIM-modell for entreprenør:

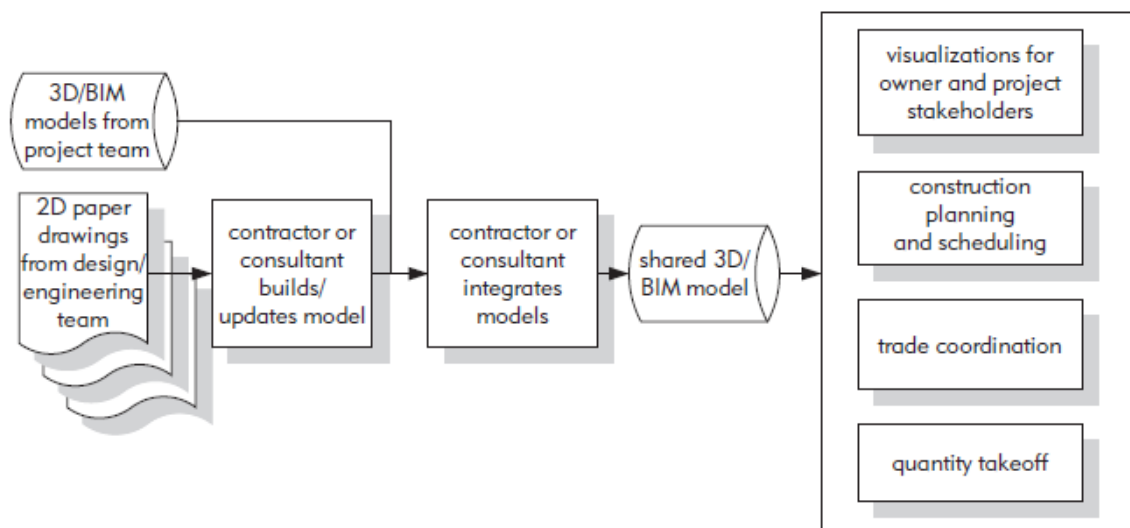
- Detaljert bygningsinformasjonsmodell med riktig 3D-modellering som inneholder og visualiserer delene som har mulighet for å hente ut mengder.
- Midlertidige komponenter som forskaling og utstyr nødvendig for gjennomføringsfasen.
- Informasjon om alle komponenter som henviser enten til at det må produseres eller bestilles.
- Dimensjonering og kapasitetsberegning.
- Status av fremdriftsplanen (4D).

Det er her presentert utgangspunktet for to måter på hvordan entreprenøren mottar en BIM-modell fra arkitekter og rådgivere, og tilrettelegger modellen for seg og sine underentreprenører for ønsket bruksområde. Figur 3.9 viser hvordan entreprenøren eller de prosjekterende tilrettelegger og modellerer flere frittstående hybridmodeller for forskjellige bruksområder. Fra

flytskjemaet i figur 3.10 så utarbeides en tverrfaglig BIM-modell for alle bruksområder. BIM-modellen modelleres direkte, eller er basert på eksisterende eller ny 2D-tegninger. Hybridmodeller er at det lages opptil flere 3D-modeller for samme bygg (Eastman et al., 2011). Det kan være en hybridmodell som kun er ment for mengdeuttak, noe som kan medføre at den ikke egner seg til kollisjonskontroll. Noen entreprenører foretrekker en hybridmodell mellom 2D-tegninger og 3D-modeller for kostnadsestimering (Hardin & McCool, 2015).



Figur 3.9: Frittstående hybridmodeller (Eastman et al., 2011)



Figur 3.10: Tverrfaglig BIM-modell (Eastman et al., 2011)

### 3.5.4 Kalkulasjon og mengdeuttak

En detaljert bygningsmodell er et risikoreduserende verktøy som kan redusere prisen på tilbudet i tilbudsfasen, fordi den reduserer usikkerheten med tanke på mengdebeskrivelsen (Eastman et al., 2011). Kalkulasjonsprosessen vil også være mye enklere hvis informasjonen er strukturert og modellert fra de prosjekterende (Byström, 2012). Det er ikke ønskelig å utføre en kostnadskalkyle i slutten av prosjekteringsprosessen da prosjektet kan overstige hva som tidligere er budsjettet (Eastman et al., 2011). Om prosjektet ikke skrinlegges må entreprenøren kutte i kostnader som kan gå utover kvalitet. Om entreprenør mottar en 3D-modell fra de prosjekterende så er det i gjennomsnitt mulig å gjenbruke 65% av modellen (Hardin & McCool, 2015). For å dekke de gjenværende 35 % så lager noen firmaer hybridmodeller.

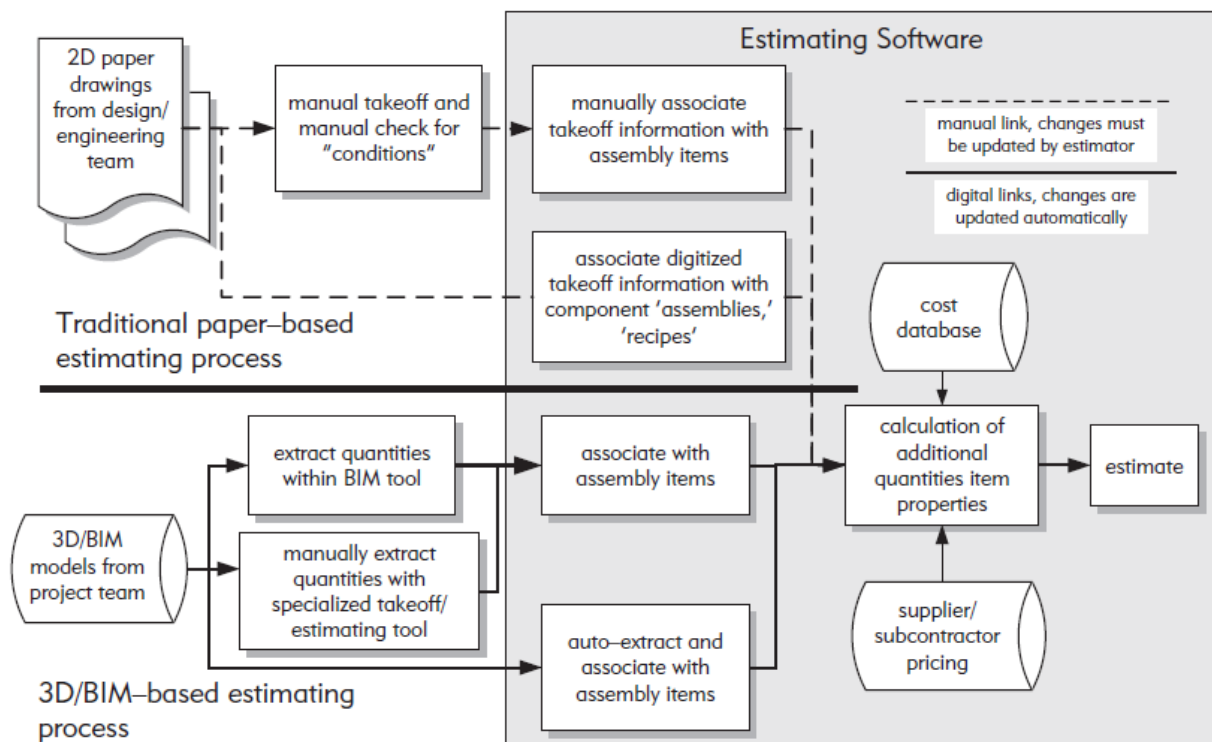
Når det kommer til å ta i bruk BIM-modellen påstår Eastman et al. (2011) at det ikke finnes et verktøy for BIM som kan fullverdig utføre hele kalkulasjonsprosessen på egenhånd, og det vises til 3 generelle metoder for å utføre mengdeuttak for kostnadsestimering:

- Eksportere mengdene fra objektene til en programvare for kalkulasjon.
- Koble BIM-verktøyet direkte til en programvare for kalkulasjon
- Et BIM-verktøy for mengdeuttak

Å eksportere mengdebeskrivelsen til en programvare for kalkulasjon finnes det hundrevis av kommersielle programvarer som kan gjøre, og Microsoft Excel er den mest brukte programvaren som mange entreprenører er avhengig av for å utføre kalkulasjonen (Eastman et al., 2011; Hardin & McCool, 2015; Smith & Tardiff, 2009). Ifølge Smith & Tardiff (2009) påpekes det at hvis de mest kritiske oppgavene er avhengig av et manuelt regneark, så tyder det på et feil fokus med bruken av BIM. Et annet alternativ kan være å koble BIM-modellen direkte til en programvare for kalkulasjon ved en programvareutvidelse eller at kalkulasjonsprogrammet støttes av et tredjepartsprogram (Eastman et al., 2011). Det tredje alternativet er å bruke programvarer som er spesialtilpasset kun for mengdeuttak, noe som gjør at brukeren ikke må ha ekspertise i andre funksjoner som ikke har med mengdeuttak å gjøre.

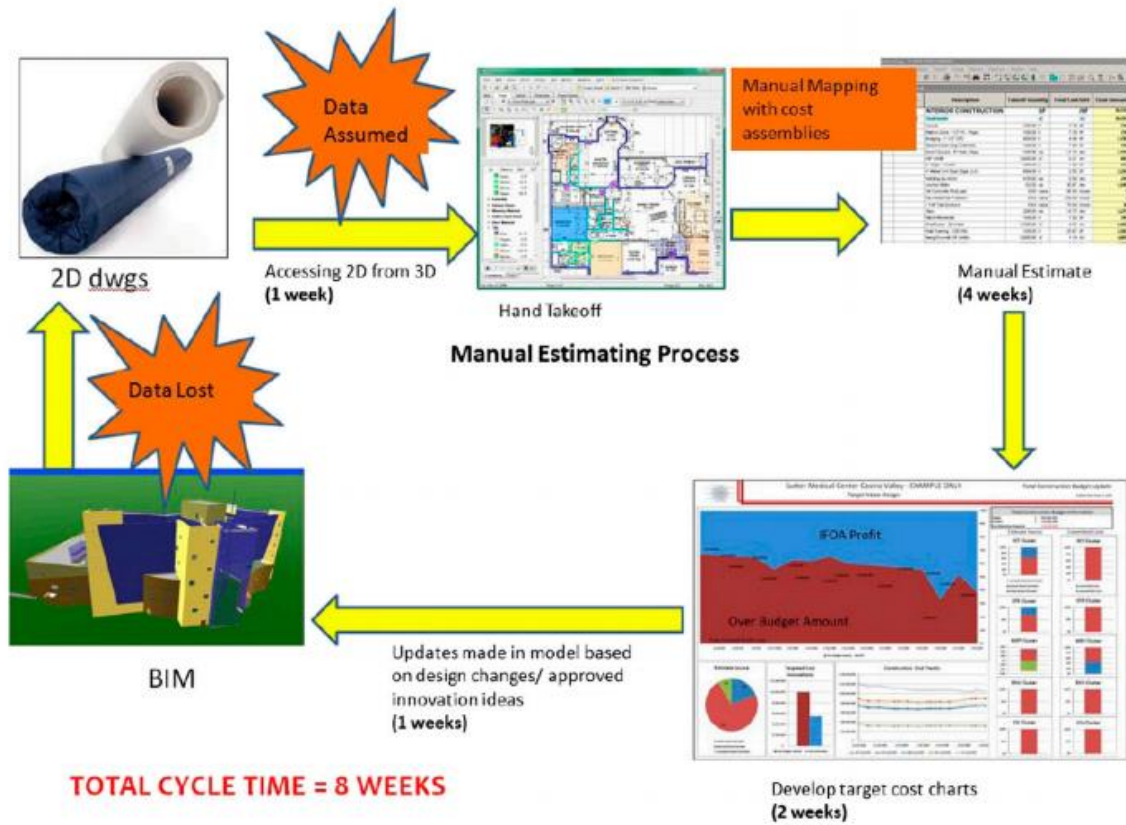
Det finnes programvarer som automatiserer mengdeuttaket og andre som krever manuelt mengdeuttak før kostnadsestimering. Figur 3.11 viser den tradisjonelle kalkulasjonsprosessen sammenlignet mot BIM, som viser en delvis til automatisk kalkulasjonsprosess. Endringsarbeid i prosjekteringen vil for de stiplede koblingene i den tradisjonelle kalkulasjonsprosessen bety at kalkulatøren må oppdatere alle stegene i prosessen manuelt.

Dette er ikke tilfelle med BIM hvor de heltrukne linjene i kalkulasjonsprosessen vil gå delvis eller helt automatisk om det gjøres endringer i modellen.

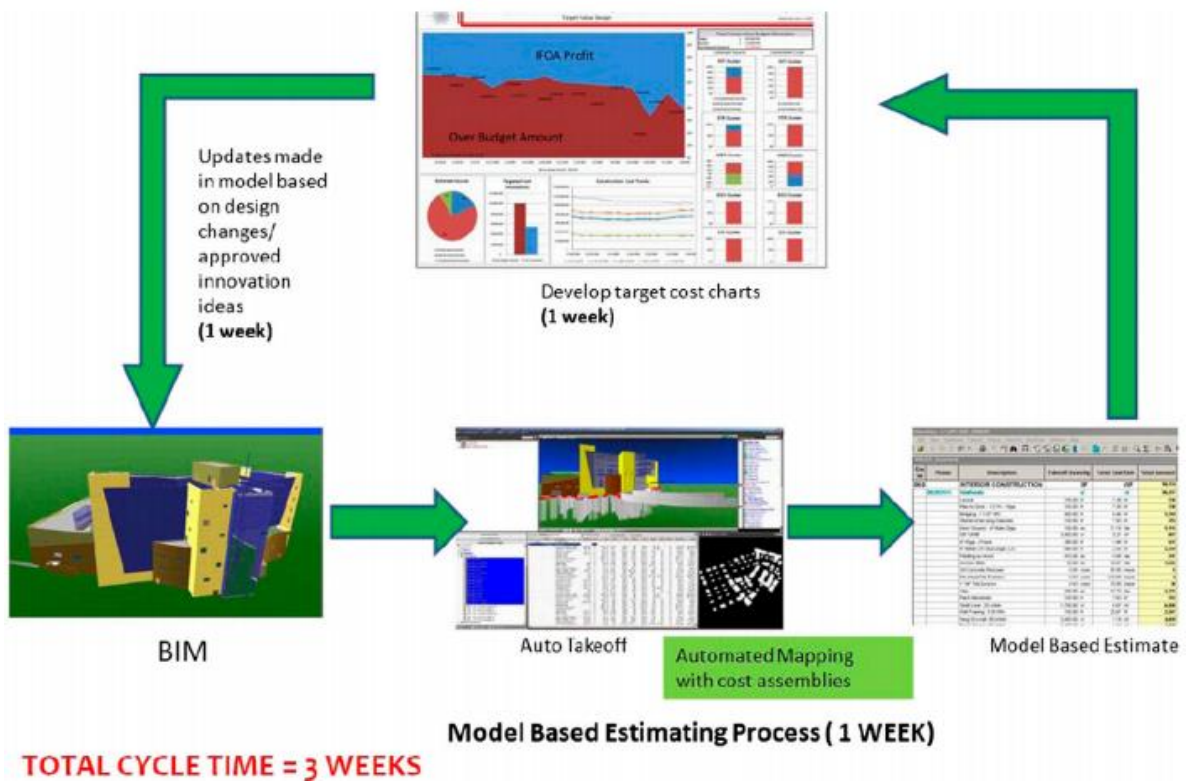


Figur 3.11: Tradisjonell kalkulasjon og kalkulasjon med BIM (Eastman et al., 2011)

Den tradisjonelle kalkulasjonsprosessen kan gå for tregt når man er avhengig av å gi et tilbud i løpet av kort tid (Eastman et al., 2011). Et tidsstudium av Uddin & Khanzode (2013) indikerer tidsforskjellen over kalkulasjonsprosessen gjort manuelt og automatisk, mye tyder på en reduksjon nærmere 300 % i tid ved benytte automatisk mengdeuttak og kostnadsestimering. Figur 3.12 viser den manuelle kalkulasjonsprosessen hvor man kan se tap av data i leddet hvor BIM-modellen benyttes til å generere plantegninger, som videre brukes til et manuelt mengdeuttak, for så å koble hver mengde manuelt til erfaringsdata. Figur 3.13 viser en automatisk kalkulasjonsprosess hvor mengder er koblet direkte til erfaringsdata for kostnadsestimering. Figurene viser at en automatisk kalkulasjonsprosess vil redusere tiden brukt til mengdeuttak og kostnadsestimering. Ifølge Eastman et al. (2011) så vil effekten av å implementere BIM i starten ta lengre tid enn for tradisjonell metode, da det er en ny måte å tenke på og det krever opplæring selv om det er enkelt å kjøpe og implementere ny programvare.



Figur 3.12: Manuell kalkulasjonsprosess (Uddin & Khanzode, 2013)



Figur 3.13: Automatisk kalkulasjonsprosess (Uddin & Khanzode, 2013)

Andre utfordringer med kalkulasjonsprosessen til BIM er at kalkulatøren trenger erfaring, dette kan gjøres ved at det utføres testprosjekter slik at de blir komfortable med å hente ut informasjon i kalkulasjonsprosessen (Eastman et al., 2011). Det vises videre til at erfaringen vil stige samtidig som ressursbruken synker, og at det er viktig å huske på at en ny programvare ikke alltid gjør hva som er forventet i starten og det anbefales at:

- Ingen verktøy kan gjøre kostnadsestimeringer helt automatisk, dette fordi ikke alle elementer kan raskt estimeres og visualiseres i modellen.
- Start enkelt, begynn med manuelle prosesser og bli komfortabel med verktøyet.
- Start med å telle ved å se på 3D-modellen.
- Start med et verktøy som er beregnet for mengdeuttak og heller suppler med flere programvarer etter hvert som man blir komfortabel.
- Angi detaljeringsgrad, for lavt detaljering fører til mye manuell beregning.
- Automatisering starter med standardisering av elementer.

Det er viktig for kalkulatørene at de kan stole på modellen, ofte blir standardiserte elementer tilpasset og manipulert av erfarne og uerfarne prosjekterende uten at de tenker på at det vil påvirke parameterne til elementene (Hardin & McCool, 2015). Ved å jobbe tverrfaglig fra starten kan de prosjekterende som lager modellen skjønne hvordan modellen vil bli brukt, for så å legge til rette for kostnadsestimering (Eastman et al., 2011). Hvis kalkulatøren glemmer en seksjon eller det er overlapp mellom elementer kan kalkulatøren få feil mengdeuttak (Hardin & McCool, 2015). Et eksempel er å beregne feil volum av betong på grunn av det ikke tatt hensyn til armeringsmengde (Eastman et al., 2011). Ved tradisjonelt mengdeuttak med plantegninger vil kalkulatøren trolig oppdage overlappen eller unngå overlappen ved å se på kvadratmeteren av hele tverrsnittet (Hardin & McCool, 2015). I BIM-modellen vil elementene kollidere og det vil i verstefall beregnes dobbelt mengde de stedende det er overlapp, kollisjonskontroll kan hindre dette.



## 3.6 God modelleringspraksis og modellens formål

### 3.6.1 BIM manualer

Tabell 3.6 viser en oversikt over aktører i norsk byggebransje som har i større eller mindre grad omtalt regler for god modelleringspraksis. Tilsvarende omtale om god modelleringspraksiser er også publisert i utlandet (Bloomberg et al., 2012; CRC, 2009; Seng, 2012). Informasjonen fra de norske og utenlandske publiseringene omtaler blant annet krav fra byggherre eller entreprenør til rådgiver for å tilfredsstille deres behov med bruk av BIM.

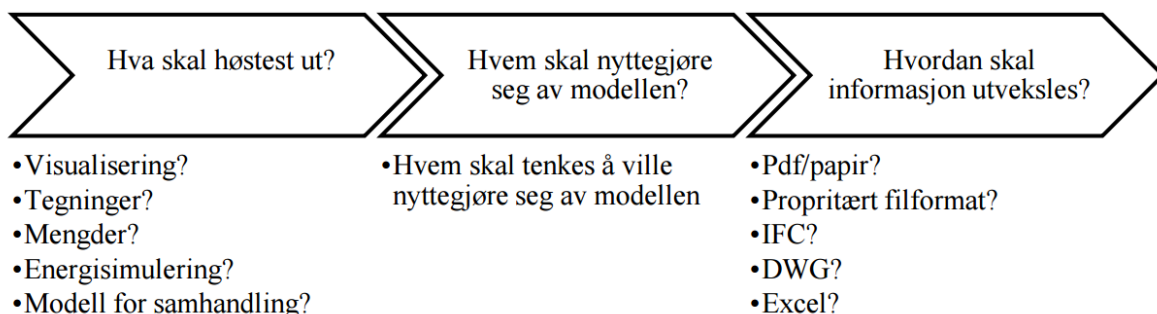
Tabell 3.6: Oversikt over norske publiseringer i forbindelse med bruk av BIM

Utgiver	Publisert	Tittel	Referanse
<b>Bane Nor</b>	Feb. 2017	<i>Håndbok Digital Planlegging, revisjon 007</i>	(Bane Nor, 2017)
<b>Boligprodusentenes Forening</b>	Nov. 2012	<i>Boligprodusentenes BIM Manual versjon 2.0</i>	(Boligprodusentenes Forening, 2012)
<b>Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg (EBA)</b>	Okt. 2013	<i>Ytelsesbeskrivelse for BIM-prosjekt</i>	(EBA, 2013)
<b>Forsvarsbygg</b>	Sep. 2014	<i>Prosjekteringsveileder BIM</i>	(Wirstad, 2014)
<b>Norsk standard</b>	Jun. 2015	<i>NS 8360:2015 BIM-objekter</i>	(Norsk Standard, 2015)
<b>Statens vegvesen</b>	Mar. 2016	<i>Modellgrunnlag – Krav til grunnlagsdata og modeller</i>	(Statens vegvesen, 2016)
<b>Statsbygg</b>	Des. 2013	<i>Statsbyggs BIM-manual 1.2.1</i>	(Statsbygg, 2013)
<b>Sykehuset i Vestfold</b>	Okt. 2012	<i>BIM håndbok for modellbasert prosjektering, produksjon og drift, versjon 1.3</i>	(Aarseth, 2012)

De mest utbredte og grunnleggende regler for god modelleringspraksis går igjen i litteraturen (Boligprodusentenes Forening, 2012; EBA, 2013; Norsk Standard, 2015; Statsbygg, 2013). Norsk Standard (2015) lister opp samtlige av de grunnleggende regler for god modelleringspraksis:

- Et felles nullpunkt for alle fagmodeller.
- Alle fagmodeller skal følge samme etasjeinndeling og høyder.
- Alle fagmodeller skal ha samme orientering, og riktig orientering i forhold til rett nord.
- Høydene i fagmodellen skal følge gjeldende høydegrunnlag til de kommunale.
- Objekter i fagmodellen skal være inndelt etter etasje med riktig informasjon om plassering. Videre tilsier objektets laveste punkt etasjen den tilhører, hvis objektet går over flere etasjer.
- Objekter i fagmodellen skal ha egenskaper som bærende eller ikke-bærende, samt om objektet befinner seg inne- eller utendørs.
- Alle objekter skal ha riktig dimensjon i forhold til som bygget.

Videre opplyser Norsk Standard (2015) om at god modelleringspraksis bedrer kvaliteten og øker effektiviteten i bruk av BIM. I denne sammenheng så må modellens formål være klart og tydelig definert før den blir modellert (Boligprodusentenes Forening, 2012). Som figur 3.14 illustrerer, så er det en rekke spørsmål som bør stilles før man setter i gang med å bygge opp modellen. Det påpekes dersom formålet er å utføre et mengdeuttak, så er det hensiktsmessig med en detaljeringsgrad som gir riktig mengde og informasjon. Hva som skal hentes ut, hvem skal nyttiggjøre seg av modellen og videre hvordan informasjon skal utveksles er utgangspunktet for å lage en god modell. Bruksområder og hvem som kan nyttiggjøre seg av modellen er presentert tidligere i tabell 3.2 og figur 3.5. Hvordan informasjonen utveksles er presentert i figur 3.9 til figur 3.13.



Figur 3.14: Formålet med BIM-modellen (Boligprodusentenes Forening, 2012)

Modellens verdi defineres i at den blir brukt til formålet den var tilrettelagt for, som kan være et mengdeuttak, gi kostnadsoversikt eller sikre beslutningsgrunnlaget, samt gi lavere finansiell

risiko (EBA, 2013). Formålet med BIM-modellen må beskrives for generelle krav og spesifikke formål for å sikre modellens verdi. Tabell 3.7 presenterer hvilke krav til BIM-modellene flere av aktørene stiller i norske byggeprosjekter, samt for vei- og tog prosjekter, for hva som omtales i litteraturen som god modelleringspraksis. Graden av omtale varierer, enkelte aktører stiller krav til tilbudsfasen, andre stiller krav som gjelder deler eller hele byggeprosessen. Ingen av publikasjonene gir konkrete beskrivelser eller stiller krav til praktisering av detaljeringsgraden LOD av BIM-modellen, som vil bli presentert i delkapittel 3.6.3. Statsbygg (2013) har standardisert modelleringskravene med beskrivende tekst i tabeller for hva som skal og bør være med i BIM-modellen. For tilbudsfasen informerer de om at hovedformålet er at informasjon fra modellen kan brukes til detaljert mengdeuttak og kostnadsberegning. De andre publikasjonene stiller ingen eller få krav om hva som skal være med i BIM-modellen, kun at modellen skal følge det som omtales her som god modelleringspraksis. Kvalitetskontroll i tabellen under er her i samsvar mellom tegninger, beskrivelser og modell.

*Tabell 3.7: Krav til BIM-modellen fra aktører i norsk byggebransje*

<b>Referanse</b>	<b>Tilrettelegge for mengdeuttak</b>	<b>Logisk strukturett og modellert</b>	<b>Kvalitets- kontroll</b>	<b>Detaljeringsgrad (LOD)</b>
<b>Bane Nor</b> (Bane Nor, 2017)	*	•	•	-
<b>Boligprodusentenes Forening</b> (Boligprodusentenes Forening, 2012)	*	•	•	-
<b>EBA</b> (EBA, 2013)	*	*	•	-
<b>Forsvarsbygg</b> (Wirstad, 2014)	*	*	*	-
<b>Norsk Standard</b> (Norsk Standard, 2015)	-	•	•	-
<b>Statens vegvesen</b> (Statens vegvesen, 2016)	*	•	•	-
<b>Statsbygg</b> (Statsbygg, 2013)	*	*	*	-
<b>Sykehuset i Vestfold</b> (Aarseth, 2012)	•	•	•	-

• Omtales uavhengig av tilbudsfasen. \* Rettet mot tilbudsfasen. - Ingen omtale

### 3.6.2 Grensenitt til de ulike fagene

Figur 3.15 viser hvilke fag som bør ha ansvar for modellert objekt (EBA, 2013). Dersom informasjonen deles over flere fagmodeller så skal kun faget kun eksportere sin egen faginndeling. Listen er kun en retningslinje og kan tilpasses og endres i forhold til avtalt prosjekt. Videre blir det tydelig hvem av fagene som eier objektet og har ansvar for at objektet er riktig modellert.





ARK	RIB	RIV	RIE	LARK
Inner- og yttervegger	Bærende vegger	Kanaler & rør inkl. isolering	Kabelstiger	Terreng
Yttertak	Peler	Sentraler	Kabelkanaler	Planter
Bjelkelag inkl. gulv	Dekker	Radiatorer	Armaturer	Benker
Rom og Arealer	Fundamenter/såle	Ventiler	Belysning	Belegg
Dører	Bunnplate	Sentraler	Nødlys	Utstyr
Vinduer	Søyler	Tilbehør	Sentraler	
Glassfelt	Bjelker		Stikk	
Trappeløp, trapperekker / gelender	Stag/vaiere			
Balkongdekker og balkongrekker/gelender	Takstoler			
Himling	Hulltaking			
Fast inventar				

Figur 3.15: Anbefalt inndeling over grensesnitt til de ulike fagmodellene (EBA, 2013)

### 3.6.3 Detaljeringsgrad - LOD

Detaljeringsgraden LOD (Level of Development) må være definert før man kan stole på nøyaktigheten av mengdeuttaket for kostnadsestimeringen (Hardin & McCool, 2015; Smith, 2016). BIM kan kun kalkulere mengder av objekter som forekommer i modellen og mange små objekter kan være utelatt i modellen (Rundell, 2006). Videre er det et behov for å etablere metoder og standardisering av elementene i objektbiblioteket for å legge til rette for optimal detaljeringsgrad. BIM Forum (2016) spesifiserer at LOD er et felt under utvikling som jobber for å tydeliggjøre detaljeringsgraden av BIM-modellen for å sikre innhold og pålitelighet igjennom de ulike fasene av byggeprosessen. For å oppnå formålet med modellen må man tydeliggjøre hvilken geometri representasjon, krav, og egenskaper til objektet som tilfredsstiller gitte fase. Hensikten er for å standardisere den praktiske modelleringen som gjør BIM til et mer nyttig hjelpemiddel for alle aktørene, og i tillegg gir bestiller en standard å henvise til ved kontraktinngåelse. Manglende detaljeringsgrad av modellen kan medføre et feil mengdeuttak, som igjen vil gi feil i kalkylen (Hardin & McCool, 2015). LOD 300 er detaljeringsgraden som kan brukes til detaljkalkulasjon (Hardin & McCool, 2015; Wood et al., 2014). Alle grader av LOD er presentert og illustrert i tabell 3.8, med informasjon over anbefalt kalkulasjonsmetode i forhold til detaljeringsgrad.

Tabell 3.8: Detaljeringsgrad i forhold til valg av kalkulasjonsmetode (Wood et al., 2014)

Geometri	LOD	Kostnadsestimering	Kalkulasjonsmetoder
	<b>LOD 100</b> Konseptuell geometri	Kostnadsestimering basert på areal, volum, eller tilsvarende enheter.	Arealprisemetoden
	<b>LOD 200</b> Tilnærmet geometri	Kostnadsestimering basert på tilnærmet geometri og mengdeuttak (volum og antall elementer).	Elementmetoden
	<b>LOD 300</b> Eksakt geometri	Modellen kan brukes til kostnadsestimering for å komme med et tilbud.	Detaljcalculasjon
	<b>LOD 400</b> Produksjon/ arbeidstegning	For å beregne den virkelige kostnaden.	Etterkalkyle
Som bygget	<b>LOD 500</b>	-	-

### 3.6.4 BIM Objektbibliotek

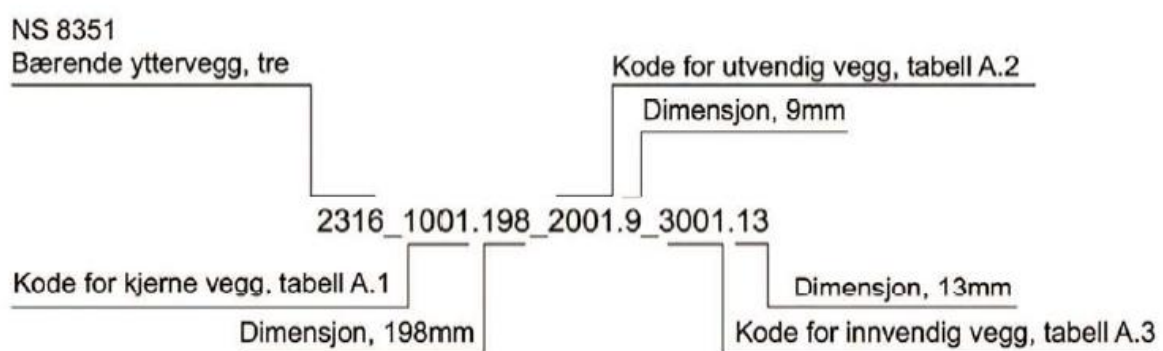
Kostnadsestimeringen utføres på bakgrunn av informasjon fra underleverandører og objektbiblioteker (Eastman et al., 2011). Det krever en stor investering å bygge opp et eget objektbibliotek (Kokslien, 2015). To av hovedgrunnene til at arkitekter og rådgivere ikke ønsker å dele modellen med entreprenør er nettopp at de ikke ønsker å gi dem tilgang til firmaets private objektbibliotek, men også at de ikke ønsker å holdes ansvarlig for feil med modellen dersom det er kun plantegninger som er fastsatt igjennom kontrakt (Hardin & McCool, 2015).

Hvem som kontrollerer inputen til modellen burde standardiseres da aktøren er ansvarlig for unøyaktige mengder (Azhar et al., 2008). Videre kan den ansvarlige aktøren få ansvar for mangler og følgefeil. Dette ansvaret kan føre til kompliserte erstatningskrav, begrensede garantier og ansvarsfraskrivelser (Azhar et al., 2008; Smith, 2014).

Det er et behov for nasjonale eller globale objektbiblioteker og felles standarder for objekter for å unytte potensialet i BIM ytterligere og for å få ned kostnadene (Smith, 2016). Mange entreprenører har utarbeidet et eget objektbibliotek som de bruker til kostnadsestimering (Hardin & McCool, 2015). Entreprenøren kan dele sitt objektbiblioteket som inneholder priser og erfaringstall med de prosjekterende, noe som hjelper de prosjekterende å få kontroll over kostnadene samtidig som de utvikler modellen.

### 3.6.5 NS 8360 BIM-objekter

Standarderen «NS 8360:2015 BIM-objekter» er den første norske BIM-standard og har som mål å støtte under automatisk gjenkjenning av objekttyper og objektforekomster mellom programvarer som er IFC-kompatible (Norsk Standard, 2015). Dette for å bedre tilgangen til informasjon, redusere feil, øke gjenbrukbarhet av data og redusere dobbeltarbeid. Videre har standarden som formål å forsterke utvikling av kommersielle og standardiserte BIM objektbiblioteker ved å standardisere bruken av IFC og bsDD til utveksling av objektinformasjon. Figur 3.16 viser hvordan standardiseringen kan understøtte automatisk gjenkjenning ved at bygningsobjektene beskrivelse blir maskinlesbar. Aktuelle brukstilfeller av typekoden er beskrivelse og kostnadskalkyle.



Figur 3.16: Maskinlesbar beskrivelse av typekode for bygningsobjekter

### 3.6.6 Krav til IFC-objekter

Riktig informasjon om egenskapene til IFC-objektet gjør at man vet hvor man skal lete (EBA, 2013). Informasjonen om objektet er også nødvendig for å komme frem til en detaljert kalkyle (Byström, 2012). Tilsvarende Byström (2012) har EBA (2013) Entreprenørforening – Bygg og Anlegg utarbeidet krav til objektene i IFC-modellen. Tabell 3.9 viser kravene til informasjonsinnhold til IFC-objekt, for å eksemplifisere kravene har tabellen blitt supplert med eksempel av objekttegenskaper for en vegg i henhold til Wirstad (2014).

Tabell 3.9: Krav til IFC-objekter

<b>Krav til informasjonsinnhold til IFC-objekt</b>	<b>Krav (EBA, 2013)</b>	<b>Eksempel på objekttegenskap for vegg (Wirstad, 2014)</b>
Riktig objekttype	Må	IfcWall.ObjectType = Vegg
Beskrivende objektnavn	Må	IfcSpace.Name = Vegg
Riktig etasjetilhørighet	Må	IfcBuildingStorey
Definerte romobjekter	Må	IfcSpace.Name = Romfunksjonsnummer
Bærende / ikke bærende element	Må	Pset_WallCommon.IsLoadbearing:TRUE/FALSE
Riktig materiale	Må	IfcMaterial
Brannkrav	Må	Pset_WallCommon.FireRating
Lydkrav	Må	Pset_WallCommon.AcousticRating
Krav U-verdi	Må	Pset_WallCommon.ThermalTransmittance

## 3.7 Verktøy for å tilrettelegge IFC-modellen

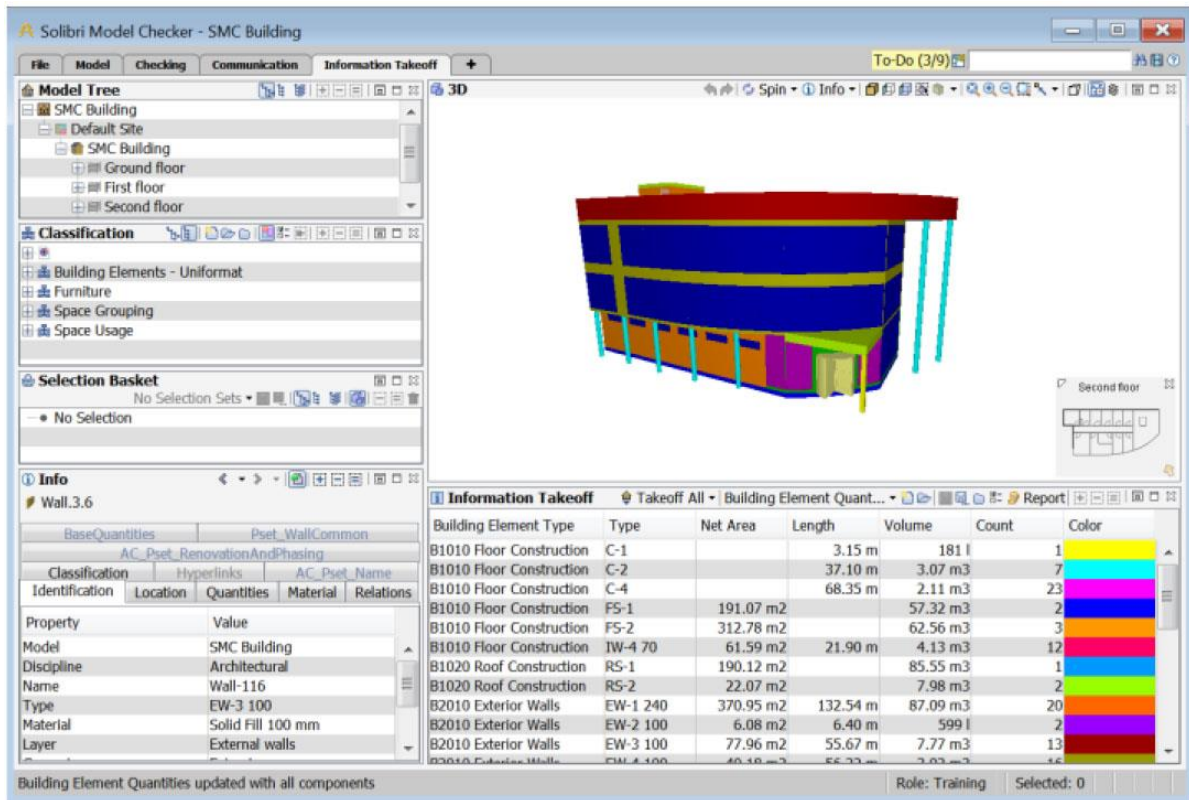
### 3.7.1 Solibri Model Checker

Solibri Model Checker (SMC) er et verktøy som støtter det åpne filformatet IFC (Solibri, 2014). Verktøyet er utviklet for å visualisere, kontrollere og sette sammen flere fagmodeller. Videre kan programmet utføre kollisjonskontroll, og kvalitetssikre designet til modellen. Tabell 3.10 viser alle funksjonene som er relevant for å utføre mengdeuttak for kalkulasjon. Verktøyet kan tilegne IFC-objektene riktig IFC-klassifisering dersom det mangler i modellen. Programmet har muligheten å presentere og rapportere områder i IFC-modellen som kan føre til konflikter i produksjonsfasen, og gir muligheten å dele rapporten med eieren av IFC-modellen. Noe som gjør det lettere å rapportere til de prosjekterende og rette opp feil i IFC-modellen uten stor innsats.

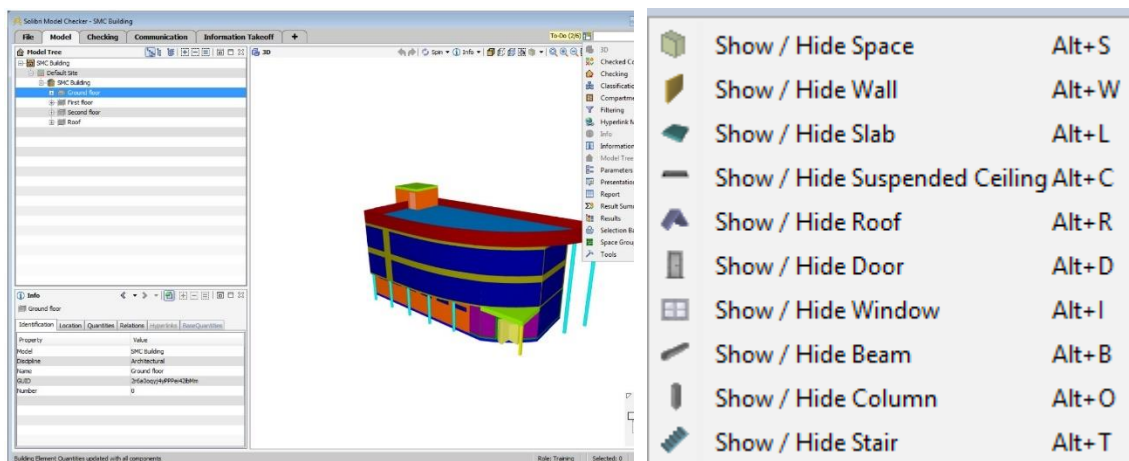
Tabell 3.10: Oversikt over relevante funksjoner til verktøyet SMC (Solibri, 2014)

<b>Funksjoner</b>	<b>Beskrivelse</b>
<b>Mengdeuttak</b>	Lister opp egenskapene til objektet, som antall, dimensjon, areal og volum. Videre kan verktøyet utføre mengdeuttaket med egendefinerte grupper og maler og videre eksportere valgte objekter til Excel og PDF. Programmet støtter å visualisere mengde sammen med mengdelisten, noe som er illustrert i figur 3.17.
<b>Kombinere flere fagmodeller</b>	Gir mulighet for å raskt kombinere flere fagmodeller som RIB, RIV, RIE og ARK.
<b>Markere, selektere og filtrere</b>	Raskt markere og velge ut ønsket objekt. Andre objekter kan filtreres bort, se figur 3.18. Verktøyet gir brukeren full kontroll over hva som deles i modellen, og åpner opp for muligheten å tilrettelegge modellen etter behov.
<b>Fargelegge og gruppere objekter</b>	Gir mulighet til å redusere kompleksiteten til modellen med å gruppere objekter og tilegne de en egen farge. Se figur 3.17.
<b>Visualisere og navigere i 3D</b>	Presentere valgte objekter og kameravinkler, videre kan man gå eller fly virtuelt rundt i modellen.
<b>Kollisjonskontroll</b>	Har mulighet for å automatisk rapportere objekter som kolliderer, overlapper og som er duplisert i IFC-modellen.





Figur 3.17: Mengdeuttak med SMC, hvor tilsvarende objekter er gruppert etter samme farge (Solibri, 2014)



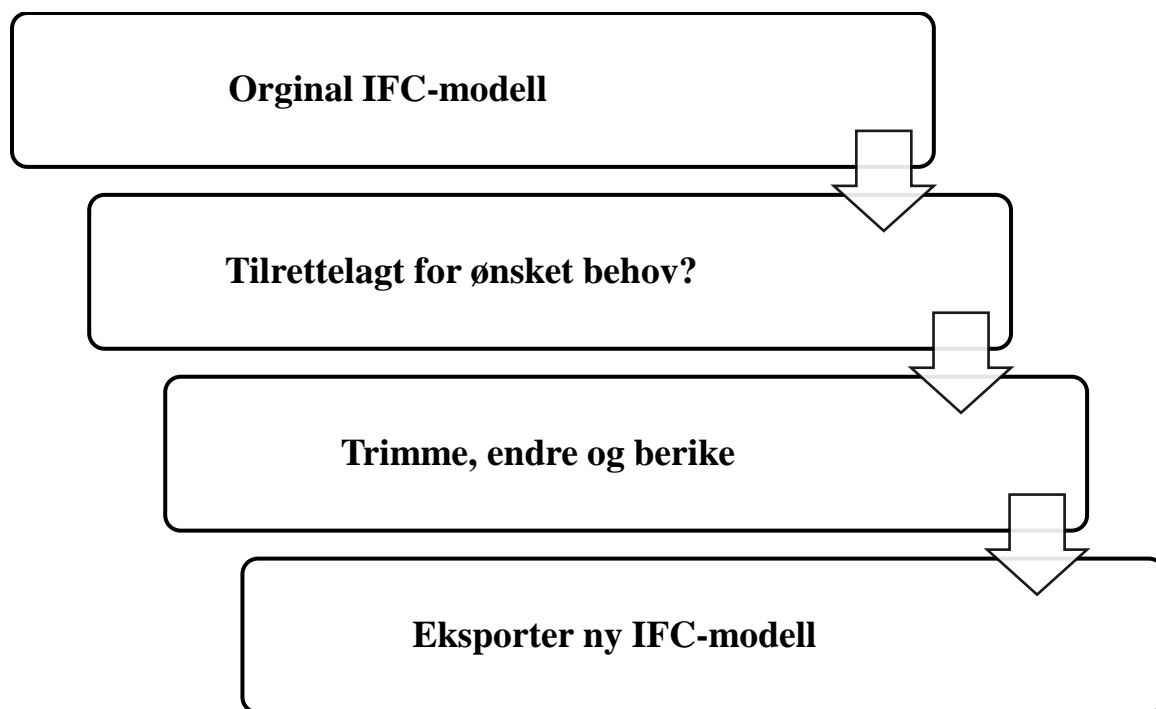
Figur 3.18: SMC gir mulighet til å filtrere bort objekter (Solibri, 2014)

### 3.7.2 Simplebim

Simplebim gjør at man kan tilrettelegge IFC-modellen til ønsket behov, uten at man trenger å vite noe om IFC (Datacubist, 2014a). Det trekkes frem at verktøyet øker produktiviteten og lar brukeren konsentrere seg om sine egen ekspertise i stedet for å lære seg kompleksiteten ved IFC-klassifisering. Videre trekkes det frem muligheten ved å kunne berike IFC-modellen med flere objekter eller slå sammen flere fagmodeller. Verdien i programmet ligger i å anvende verktøyet til å trimme, endre og berike IFC-modellen, denne prosessen er illustrert i figur 3.19 (Datacubist, 2014b). En oversikt over relevante funksjoner til Simplebim er listet opp i tabell 3.11.

Tabell 3.11: Oversikt over relevante funksjoner til verktøyet Simplebim (Datacubist, 2014b)

<b>Funksjoner</b>	<b>Beskrivelse</b>
<b>Mengdeuttak</b>	Lister opp egenskapene til objektet, som antall, dimensjon, areal og volum. Videre kan verktøyet utføre mengdeuttaket med egendefinerte grupper og maler og videre eksportere valgte objekter til Excel. Her er det også støtte for maler som kan automatisere mengdeuttaket.
<b>Kombinere flere fagmodeller</b>	Gir mulighet for å raskt kombinere flere fagmodeller som RIB, RIV, RIE og ARK.
<b>Trimme, Markere, selektere og filtrere</b>	Raskt markere og velge ut ønsket objekt. Andre objekter kan filtreres bort eller fjernes helt fra IFC-modellen. Verktøyet gir brukeren full kontroll over hva som deles i modellen, og åpner opp for muligheten å tilrettelegge modellen etter behov. Programmet gir også muligheten til å redusere filstørrelsen.
<b>Fargelegge og gruppere objekter</b>	Gir mulighet til å redusere kompleksiteten til modellen med å gruppere objekter og tilegne de en egen farge.
<b>Visualisere og navigere i 3D</b>	Presentere valgte objekter og kameravinkler, videre kan man gå eller fly virtuelt rundt i modellen.
<b>Kollisjonskontroll</b>	Har mulighet for å automatisk rapportere objekter som kolliderer, overlapper og er duplisert i IFC-modellen



*Figur 3.19: Prosessen med å tilrettelegge IFC-modellen ved bruk av Simplebim*

*(Datacubist, 2014b: min oversettelse)*



## 4 Resultat

### 4.1 Om Moderne Byggfornyelse As

*I dette kapittelet presenteres resultatet fra seks kvalitative intervjuer om tilbudsfasen i Moderne Byggfornyelse. Resultatet sammen med teorien i kapittel 4 danner grunnlaget for drøfting i kapittel 5. Intervjuguiden som ble brukt under intervjuet er vedlagt i vedlegg A. Kapittelet er strukturert etter intervjuguiden, som igjen følger forskningsspørsmålene.*

Moderne Byggfornyelse er en mellom-stor entreprenørbedrift med over 70 ansatte som holder til i Oslo-regionen. Firmaet har lang erfaring med rehabilitering av eksisterende bygninger og har spesialisert seg på fornyelse av bygg. Moderne Byggfornyelse er en totalentreprenør, som engasjerer seg i alt fra større ombyggingsprosjekter til mindre vedlikeholdsoppdrag. Med tverrfaglig kompetanse så tilbyr de ombygging, tilbygg, energirehabilitering, etasjepåbygg, støyisolering, klimaskjerming, våtromsrehabilitering og installasjon av heis. Bedriften driver ikke med prosjektering og deres oppdragstyper er hovedsakelig totalentreprise og generalentreprise. Deres erfaring som entreprenør er at god planlegging gir det beste resultatet, og derfor ønsker de å bli med i prosessen så tidlig som mulig for å få rett fokus på riktig prioritering og valg av løsninger. Dette trekkes frem som viktige faktorer for å bedre utførelse og større merverdi for prosjektet.

### 4.2 Hvordan kan BIM understøtte tilbudsfasen hos entreprenør?

*I dette delkapittelet blir det presentert hvordan Moderne Byggfornyelse jobber med kalkulasjon i dag, hvilke påvirkningsmuligheter de har i tilbudsfasen og hvilken entreprisform som er aktuell for IFC-modellen. Tilslutt blir det presentert hvilke områder av tilbudsfasen som kan bli nedprioritert av kalkulasjonsavdelingen.*

#### 4.2.1 Beskriv i grove trekk hvordan kalkulasjonsavdelingen jobber med å regne tilbudsforespørsler fra byggherre?

Fra de som jobber daglig i kalkulasjonsavdelingen fortelles det at fagene tømmer- og snekkerarbeider prises internt, de øvrige arbeidsoppgavene blir underentreprenører forespurt om. Dette gjøres ved at de sender en tilbudsforespørsel til underentreprenør med et tilbudsunderlag som inneholder nødvendige tegninger og beskrivelser om prosjektet. Tilbudsunderlaget har de mottatt fra byggherre. Det understrekes videre av intervjuobjektene at dette er en tidkrevende prosess som foregår over en begrenset tidsperiode. Det fortelles at antallet forskjellige underentreprenører som skal forespørres kan variere på de små prosjektene på omkring 5 forskjellige fag. Det nevnes fag som betongarbeider, glassarbeider, malearbeider,

blikkenslager og tekniske installasjoner. Det fortelles videre at for de større prosjektene kan det bli forespurt over 20 forskjellige fag. Et av intervjuobjektene utdyper ytterligere at de i tillegg må forespørre 5 forskjellige underentreprenører per fag for å få en konkurransedyktig pris. Dette belyses som vesentlig for å få inn nok tilbudet per fag, spesielt er det viktig i de større prosjektene, der enkelte fag kan utgjøre en betydelig del av selvkost. Mange i kalkulasjonsavdelingen er enig om at den beste og viktigste metoden for å få inn tilstrekkelig tilbud per fag, er å ringe og purre underentreprenørene og leverandørene, for å forsikre seg om at man vil motta et tilbud fra dem.

Mot slutten av tilbudsfasen mottar kalkulasjonsavdelingen tilbudene fra underentreprenørene eller leverandørene sine, som de så må sammenligne og kontrollere. Det belyses ved at de undersøker om underentreprenøren eller leverandøren har tatt med alt som er beskrevet om faget i tilbudsunderlaget. Ved sammenligningen av tilbud så vurderes pris. I slutten av tilbudsfasen sys alle tilbudene sammen til et tilbud ved hjelp av et kalkulasjonsprogram kalt SmartKalk, sammen med tilfredsstillende dokumentering som oversendes til byggherre. Det understrekes av kalkulasjonsavdelingen at arbeidsoppgavene foregår parallelt mellom å forespørre fag, og at de fagene som krever mest ressurser blir prioritert først.

#### **4.2.2 Hvilke påvirkningsmuligheter har en entreprenør i kalkulasjonsprosessen?**

Samtlige av intervjuobjektene i kalkulasjonsavdelingen informerer om at de ikke har like store påvirkningsmuligheter på den totale projektkostnaden, og at den største påvirkningsmuligheten ligger hos de ansvarlige prosjekterende og hvordan de har tilrettelagt tilbudsunderlaget. Dette belyses med valg av tekniske løsninger, prosjektets geometri og arkitektens valg av løsninger. Geometri er igjen avhengig av størrelse og kompleksitet. Her informeres det om eksempler som antallet etasjer, og i eldre rehabiliteringsprosjekter kan det spesielt være gjennomførbarheten med nye teknisk installasjoner. Det trekkes frem en rekke naturgitte forhold som kalkulasjonsavdelingen heller ikke har kontroll over. Det nevnes av samtlige av intervjuobjektene forhold som grunnforhold, riggforhold og klima. Det informeres om at dette er forhold som er bestemmende for projektkostnaden og kan i liten grad påvirkes. Karakteristiske geometrier som kan gi betydelig utslag på projektkostnaden belyses med fundament, bærende konstruksjoner, yttervegger, tak, trapper og teknisk anlegg. Det blir videre informert at dersom det ikke er spesifisert produkter, men kun beskrivelse i tilbudsunderlaget så står entreprenøren fritt til å velge leverandør, så lenge det følger ønsket kvaliteter fra byggherre. Det trekkes frem av et av intervjuobjektene at mindre prosjekter kan være følsomme

for enkeltfaktorer, det belyses at dette gjelder særlig for utforming av inngangsparti, tak, fasade, trapper og teknisk anlegg.

Det informeres om av samtlige intervjuobjekter at de har størst påvirkningsmulighet på hvordan de bruker tilbudsunderlaget og hvordan de forespør sine underentreprenører og leverandører. Det påpekes at det kan være vanskelig å få underentreprenør til å prise enkelte prosjekter, særlig dersom det er et dårlig tilbudsunderlag, og det påpekes at det kan være nødvendig å tilrettelegge tilbudsunderlaget på en måte som gjør at underentreprenøren vil prise. Et av intervjuobjektene hevder at god oversikt gir påvirkningsmulighet. Dette belyses ved at det er vesentlig med et oversiktlig tilbudsunderlag for å spare tid, bli trygg på kalkylen og vinne tilbudskonkurransen uten å tape penger. Videre vil god oversikt gi tid til å søke bedre alternative løsninger, denne oversikten vil også bedre mulighet for å bedre valg av tekniske løsninger og utførelsesmetoder. Det konkluderes av samtlige at tiden kunne med fordel være større påvirkningsmulighet for kalkulasjonsavdelingen, men det belyses med at tiden er knapp og derfor er muligheten lav for å påvirke prosjektet med å få ned prosjektkostnadene.

#### **4.2.3 Hvilken entrepriseform tror du har størst nytteverdi ved bruken av BIM?**

Et av intervjuobjektene informerer om at som totalentreprenør får man i prinsippet oppgitt funksjonskrav og at det er vanlig at tilbudsunderlaget kompletteres med tegninger og beskrivelse fra ARK, RIB, RIBr, men også RIE og RIV. Detaljeringsgraden til de ulike prosjekteringene kan variere fra detaljtegninger til konseptskisser. Det understrekes at dette avhenger av prosjekt og hvor mye byggherre har satt av til prosjektering før tilbudsfasen. Videre påpekes det at som totalentreprenør står man friere i valg av løsninger og materialer. I denne sammenheng forteller flere i kalkulasjonsavdelingen at de må beregne mengdene selv og finne de riktige løsningene ut ifra tilbudsunderlaget. Alle intervjuobjektene tror at BIM har stor nytteverdi for tilbudsfasen i en totalentreprise. Når det gjelder for generalentreprisen fortelles det at tilbudsunderlaget innehar detaljtegninger og detaljert beskrivelse, samt mengdeberegninger. Det påpekes av samtlige at det er kun de oppgitte mengdene i tilbudsunderlaget som skal prises, og endring i mengder vil gi økt tillegg i pris for generalentreprenøren. Det konkluderes dermed videre av samtlige at for tilbudsfasen hos entreprenør er nytteverdien størst for IFC-modellen når det kommer til totalentreprise og ikke like stor grad relevant for generalentreprise i tilbudsfasen for kalkulasjonsavdelingen.

#### 4.2.4 Hvilke potensial har BIM til å understøtte tilbudsfasen?

Det er full enighet blant intervjuobjektene at BIM har størst potensial for å understøtte totalentreprise. Flertallet av intervjuobjektene er enig i at en IFC-modell har et stort potensial for å gi bedre oversikt i tilbudsunderlaget. Flere trekker også frem at for rehabiliteringsprosjekter er en av de store utfordringene å ha godt oversikt over tilbudsunderlaget. I denne sammenheng peker et av intervjuobjektene på at eksisterende tegningsgrunnlag kan være så mangelfull at det kanskje vil lønne seg for byggherre å få bygget modellert i 3D. Noe som begrunnes ved at det vil være positivt for den totale prosjektkostnaden. Både daglig leder og kalkulasjonsleder tror at BIM har mest potensial i å bruke IFC-modell på prosjekter til 10 millioner og oppover ved totalrehabilitering. Dette begrunnes ut i fra at de tror nytteverdien vil være relativ liten for kalkulasjonsavdelingen i forhold til å benytte tradisjonelle metoder for mengdeberegning og kalkulasjon, videre pekes det på at det er enklere å holde oversikt i de mindre prosjektene uten betydelig kompleksitet.

Et av intervjuobjektene ser potensialet ved å bruke IFC-modellen til å avdekke og unngå konflikter tidligere enn før, og gjerne før tilbudsfasen har begynt. Dette forklares ved at feil, mangler og utydigheter ved tilbudsunderlaget medfører at kalkulasjonsavdelingen må ta forbehold mot enkelte punkter i tilbudsunderlaget hvor de ikke ønsker å prise og ta risiko. Dette forklares videre ved at et dårlig tilbudsunderlaget hvor det ikke kommer tydelig frem hva byggherre ønsker, så kan det medføre mye forbehold og spesifiseringer i tilbudet fra entreprenøren. Det understrekes at dette ikke er ønsket resultat sett fra deres side, men nødvendig for at kalkulasjonsavdelingen skal gi tilbudet uten å tape penger.

Kalkulasjonsavdelingen ytrer at det er store potensialer for BIM i rehabiliteringsprosjekter hvor man ønsker å kunne visualisere eksisterende og nye konstruksjoner. Mange er enige i at 3D har større fortrinn fremfor 2D tegninger, særlig dersom man ønsker å se konsekvensene og løsninger raskere. Her pekes det på å se gjennomførbarhet og omfanget til prosjektet fra start. Et av intervjuobjektene tror at BIM har potensial til å bedre fremdriftsplanen som skal foreligge med tilbudet. Det kommenteres at fremdriftsplanen kan være avgjørende for at tilbudet blir valgt av byggherre, og IFC-modellen kan gi god oversikt og mer realistisk vurdering av fremdrift i produksjonsfasen.

Samtlige av intervjuobjektene mener at mengdeberegning går raskt også på de små prosjektene og når det er repeterende geometri. Motsatt dersom det er mye vinkler, og hjørner samt størrelsen på prosjektet medfører at dette kan være en svært tidkrevende prosess. En påpeker at dersom man ikke gjennomfører mengdeberegningene riktig, hender det at man må regne ut de



samme mengdene på nytt for et annet fag. Et av intervjuobjektene peker på at det er et stort potensial i å unngå dobbeltarbeid og bruke mindre ressurser når det kommer til å muliggjøre mengdeuttak for flere fag samtidig. Et annet av intervjuobjektene peker på potensialet for å synliggjøre og kontrollere de mengdene som er regnet ut for andre enn en selv. Flere i kalkulasjonsavdelingen ser at potensialet er stort for å effektivisere mengdeberegning ved å gå over til mengdeuttaket fra IFC-modellen dersom den er tilrettelagt for formålet, men at det er behov for programvare som understøtter bruken. Det vises til at den mer tradisjonelle praksisen i dag er at mengder hentes ut fra PDF eller DWG, og det videre brukes kun enkle programmer som kan måle løpemeter og arealer. Det trekkes frem at BIM har et stort potensiale for raskere å regne ut mengder, men også gi den nødvendige oversikten og kontrollering av hvordan mengden er regnet ut, og hvilke mengder som inngår i kalkylen.

En annen utfordring som det informeres om av et av intervjuobjektene er at det kan ta lang tid å sette seg grundig inn i tilbudsunderlaget. BIM fremheves som et viktig verktøy for raskt å sette seg inn i oppgaven og for å kunne lettere involvere flere fagområder uten at de trenger å sette seg godt inn i tilbudsunderlaget. Et av intervjuobjektene som er nyansatt i bedriften bekrefter at det er mye enklere å få en helhetlig forståelse av prosjektet ved å se omfanget visuelt enn å sette seg inn i tegningsgrunnlaget. Dette bekreftes av et annet intervjuobjekt med over 10 års erfaring med kalkulering av tilbud.

Et av intervjuobjektene forteller at potensialet for selve kalkulasjonen i tilbudsfasen er å få koblet objektene fra IFC-modellen direkte til kalkulasjonsprogrammet. Det forklares ved at man får mulighet til å hente informasjon fra objektene inn i kalkylen, og mulighet til å spore informasjonen tilbake til objektet. Samtlige av intervjuobjektene ser også et potensial til lettere å kontrollere og sammenligne innkommende tilbud fra underentreprenør og at det også vil gi mulighet å dele mengder med underentreprenør i større grad.

#### **4.2.5 Hvilke områder av tilbudsfasen kan bli nedprioritert?**

Når intervjuobjektene blir spurt om hvilke områder av tilbudsfasen som kan bli nedprioritert som følge av at tilbudsfasen er tidsbegrenset, påpekes det av samtlige at de ønsker å få mer tid til å følge opp og forespørre underentreprenørene. Her nevnes det at de ønsker å få inn enda flere tilbud per fag, noe som trekkes frem som viktig for å få ned prosjektkostnaden og redusere risikoen i kalkylen. Flere ønsker bedre kontroll av tilbudene fra underentreprenør ved å kontrollere mengdene dersom det oppgis enhetspris. Dette belyses av et av intervjuobjektene at underentreprenørene ikke ønsker å stå ansvarlig for riktige mengder, og oppgir kun enhetspris eller budsjettpris dersom det er for tidkrevende å regne ut mengdene eller at tilbudsunderlaget

er mangelfullt. Resultatet av tilfellet trekkes frem som en av grunnene til bruk av diverse poster i kalkylen. Dette er tillegg som legges til tilbudet fra underentreprenør på grunn av at man er usikker om de har tatt med alt de skal ha med.

En annen nedprioritering som flertallet av intervjuobjektene innrømmer er at det er ofte for tidkrevende å regne og kontrollere alle mengdene. Dette resulterer i at man benytter større overslag for å få med alle mengdene eller at man benytter rund sum for mengden i kalkylen.

Et område kalkulasjonsavdelingen forteller blir hyppigst nedprioritert er å finne alternative kostnadsbesparende tiltak i prosjektet. Det innrømmes av samtlige i kalkulasjonsavdelingen at det som oftest er liten tid til å finne tiltak som kan gi betydelig kostnadsbesparelser, og et av intervjuobjektene opplyser om at underentreprenør sitter på mye viktig kunnskap om alternativer løsninger som kan få ned prosjektkostnaden. Det vises til at det blir opp til produksjonsteamet å finne kostnadsbesparende tiltak som gjerne skulle ha vært med i tilbudet. Her informeres det også om at det er utfordrende å ikke få tid til å overføre kunnskapen videre til produksjonsfasen da gjerne det er nye prosjekter som venter.

### **4.3 Hvordan er tilbudsunderlaget i dag tilrettelagt for formålet?**

*I dette delkapittelet blir det presentert hva intervjuobjektene mener er et godt tilbudsunderlag, videre så blir det presentert 3 caser av tilbudsunderlaget som kalkulasjonsavdelingen har regnet på. Dette gjøres for å kunne belyse hvordan tilbudsunderlaget i dag er tilrettelagt for å anvende IFC-modellen i tilbudsfasen.*

#### **4.3.1 Hva kjennetegner et godt tilbudsunderlag?**

Det er flere oppfatninger for hva som kjennetegner et godt tilbudsunderlag blant intervjuobjektene. Det er full enighet om at et godt tilbudsunderlag er avhengig av at tegninger stemmer overens med dagens situasjon. Enkelte av intervjuobjektene gir uttrykk for at tilbudsunderlaget kan være svært varierende i eldre rehabiliteringsprosjekter. Et av intervjuobjektene påpeker at godt tilbudsunderlag inneholder all relevant prosjektering for tilbudsfasen og viser til at det kan gå bort mye tid og ressurser dersom kalkulasjonsavdelingen må prosjektere selv. Det er heller ikke ønskelig sett fra deres side. Et godt tilbudsunderlag, fremheves av samtlige i kalkulasjonsavdelingen, gjør at de raskere kan sette seg inn i arbeidsoppgavene og prioritere de arbeidsoppgavene som haster mest først. Et av intervjuobjektene hevder at et godt tilbudsunderlag gjør at de raskere får inn tilbud fra sine underentreprenører og leverandører. Samtlige peker på at de også opplever at de har mer kontroll når de regner mengdene, og videre når alt skal inn i kalkylen. Flere trekker frem at det

går raskere når man slipper å lete etter ting i tilbudsunderlag, og videre fordele oppgavene innad i avdelingen.

Flertallet er enige i at et dårlig tilbudsunderlag bidrar med mye uklarheter, og kan føre til mye kommunikasjon mellom entreprenør og byggherre. Det vises til at uklarheter løses ofte raskt, men at det enkelte ganger kan det føre til forsinkelser og utsettelse av tilbudsfrist. Det forklares fra et av intervjuobjektene at forsinkelsen kan også forplante seg videre til underentreprenørene. Videre forklares at uklarheter i tilbudsunderlaget angående hva som er eksisterende, eller nytt og hva som skal rives, kan føre til at man regner ut feil mengder, regner dobbelt eller at mengden uteblir i kalkylen. Et typisk eksempel som trekkes frem av et av intervjuobjektene, er overlappende ansvarsområde mellom to fag over hvem av underentreprenørene som skal ta med hva. For de tekniske fagene ventilasjon, elektro og rørlegger påpekes skillet mellom ansvarsområdene i tilbudsunderlaget som et potensial for uklarheter, samt overlapp. Det fortelles at dette kan enten resultere i at byggherre ender opp med å betale dobbelt for en installasjon eller at posten uteblir i kalkylen. Det poengteres at dette ikke er ønskelig sett fra entreprenør, da de enten må dekke installasjonen med tapt fortjeneste, eller at de kan tape tilbudskonkurransen på grunn av at man priser seg for høyt.

### 4.3.2 Case 1

Det ble informert av intervjuobjektene at for prosjekteringen så gjelder tegninger, kravspesifikasjoner, IFC-modell og komplette beskrivelse med vedlegg. Tegningene er ifølge beskrivelsen til tilbudsunderlaget modellert i 3D, for så å bli overført til filformatet IFC. Dette bekreftes av intervjuobjektene. En oversikt over case 1 er illustrert i tabell 4.1.

*Tabell 4.1: Oversikt over case 1*

<b>Beskrivelse:</b> Case 1 - Rehabilitering			
<b>Entreprise:</b>	Totalentreprise	<b>Tilbudssum:</b>	60-65 mill.
<b>Tilbudsfasen</b>	Oktober, 2016	<b>Kontraktsinngåelse:</b>	Ja
<b>Omfang (BTA):</b>	3700 m2 (kjeller + 6 etg.)		

Eksisterende tegningsgrunnlaget er fra år 1926, før var bygget totalskadet i brann. Det informeres om i tilbudsunderlaget at 3D-modellen er utarbeidet på de eksisterende tegninger. Videre at 3D-modellen har vært det sentrale prosjekteringsverktøyet for å utarbeide tilbudsmaterialet, og for å hente ut tegninger for alle fag. IFC-modellene som følger med tilbudsunderlaget er for RIB og RIV. Modellene har høy detaljeringsgrad, og for RIV-modellen

så følger det i tillegg kapasitetsberegninger og mengdeliste. For RIB-modellen så gjelder modellen for rivning av bærevegger som skal erstattes med stålkonstruksjon.

Kalkulasjonsavdelingen bekrefter at modellene inneholder en detaljert RIB-modell, og videre at modellene er oversiktlig og gjennomførbar. Et av intervjuobjektene informer om at IFC-modellen var ved første øyekast riktig, men på grunn av at modellen var modellert etter tegninger fra 1926, var det store avvik mellom IFC-modellen og eksisterende bygg. Bruken av IFC-modell ble derfor forkastet til fordel for å bruke tradisjonelle tegninger og mengdeberegning. Det trekkes også frem andre årsaker som opplæring av nyansatt, kapasitetsmangel, og at de fant det mer hensiktsmessig å utføre mengdeberegning på tegningene, selv om tegningen var generert på bakgrunn av modellen. Et av intervjuobjektene trekker frem at de ikke stolte på modellen, men at de kunne med fordel ha brukt modellen mer enn kun til visualisering, og innrømmer at det er lett å gå tilbake til gamle rutiner.

### 4.3.3 Case 2

Det blir fortalt av samtlige i kalkulasjonsavdelingen som jobbet med prosjektet, at det ikke var krav i tilbudsunderlaget for generalentreprenøren og hans underentreprenører til å bruke IFC-modellen, selv om det var åpent for at den originale 3D-modellen kunne overføres og tilrettelegges for deres behov. Det informeres videre om at dette gjaldt med tanke på stål og få hentet inn pris på prefabrikkerte elementer. En oversikt over case 2 er illustrert i tabell 4.2.

*Tabell 4.2: Oversikt over case 2*

<b>Beskrivelse:</b> Case 2 - Nybygg og eksisterende rehabilitering			
<b>Entreprise:</b>	Generalentreprise	<b>Tilbudssum:</b>	30-35 mill.
<b>Tilbudsfasen</b>	November, 2016	<b>Kontraktsinngåelse:</b>	Nei
<b>Omfang (BTA):</b>	472 m2 (kjeller + 3 etg.)		

Det fortelles av intervjuobjektene at IFC-modellen fra kunde var ført til en detaljeringsgrad hvor hoveddimensjoner og enkelte ståloplagere var modellert inn. Et av intervjuobjektene forteller at det ifølge tilbudsunderlaget var foretatt en IFC-eksport av 3D-modellen fra Tekla Structures til IFC, og videre at all tegningsproduksjon var utført ved hjelp av 3D-modellen. Flere av intervjuobjektene forteller at det var også presisert i tilbudsunderlaget at modellen ikke var fullstendig, og at de som generalentreprenør måtte selv vurdere hvilke ekstra detaljer som var nødvendig å ta med i tilbudet.

Det er full enighet i kalkulasjonsavdelingen om at modellen ikke har stor nytteverdi for tilbudsfasen i en generalentreprise, da mengdene som skal prises er listet opp i tilbudsunderlaget. Det er imidlertid uenighet om at modellen bør erstatte RIB-tegninger i større grad da de opplever at dette skaper utfordringer for enkelte underentreprenører som ikke kan bruke IFC-modellen. Det er uansett enighet om at modellen gjør jobben enklere for kalkulasjonsavdelingen i å visualisere og få oversikt over omfanget i tilbudsunderlaget.

#### 4.3.4 Case 3

I tilbudsunderlaget fra kunde ble det informert om at IFC-modellen fra ARK, kun skulle sees på som orienterende. Det nevnes blant annet ved flere anledninger i tilbudsunderlaget at målene er generelt riktige, men at det kan være større mangler ved modellen. Fra intervjuobjektene som jobbet på prosjektet gjøres det oppmerksom på at det i tilbudsunderlaget kun foreligger konseptuelle tegninger fra RIB, RIE og RIBr. ARK hadde i tillegg til fagmodellen, plantegninger med korte beskrivelser av kvalitet. Ytterligere vises det til at IARK hadde lagt ved 8 forskjellige konsepttegninger for fast inventar og systemvegger og -himling for de forskjellige etasjene, hvor det ble fremhevet et krav om å få hvert konsept priset som opsjon. En oversikt over case 3 er illustrert i tabell 4.3.

*Tabell 4.3: Oversikt over case 3*

<b>Beskrivelse:</b> Case 3 – Totalrehabilitering, ombygging med tilbygg.			
<b>Entreprise:</b>	Totalentreprise	<b>Tilbudssum:</b>	100-150 mill.
<b>Tilbudsfasen:</b>	Mars, 2017	<b>Kontraktsinngåelse:</b>	Pågår
<b>Omfang (BTA):</b>	8500 m2 (kjeller + 8 etg.)		

Flere av intervjuobjektene opplevde at de selv, men også at underentreprenørene hadde store utfordringer med å orientere seg i tegningene, og det var flere av dem som takket nei til å gi tilbud grunnet kompleksiteten og mangel på tegninger fra RIB. Et intervjuobjekt forteller at eksisterende tegningsgrunnlag var fra 1981, og at tegningene ikke stemte overens med dagens planløsning. Videre at håndtegnningene var scannet i målestokk 1:21, noe som medførte lav lesbarhet. Det foreslåes av intervjuobjektet at det hadde vært til stor hjelp dersom det hadde foreligget rivetegninger med det nye tegningsgrunnlaget, siden det var tidkrevende å skille mellom eksisterende og ny konstruksjon. En annen utfordring som nevnes av samtlige i kalkulasjonsavdelingen var at det var mangel på nødvendig fasade-snitt, dette gjorde at flere store glassfelt ikke ble oppdaget uten bruk av IFC-modellen. Her kom det tydelig frem fra

samtligte at visualisering i 3D-modell bidrar til at objekter som glassfeltet fanges raskere opp og at det kommer med i kalkylen.

Løsningen som trekkes frem fra samtligte i kalkulasjonsavdelingen var at IFC-modellen ble brukt flittig til visualisering, sammen med tegninger for å få tilstrekkelig oversikt i tilbudsunderlaget. En løsning som trekkes frem ovenfor underentreprenør var at det ble løst med befaringer. Flertallet av intervjuobjektene mener at det kunne med fordel ha vært færre befaringer dersom tilbudsunderlaget hadde vært bedre. Et av intervjuobjektene informerer om at det ble behov for flere ringerunder til enkelt fag for å forsikre seg om at de brukte riktig arbeidstegninger i sine tilbud.

Mange av intervjuobjektene etterlyser at modellen burde ha vært tilrettelagt for mengdeuttak. Det er gjennomgående fra alle intervjuobjektene som var involvert i bruken av IFC-modellen at fagmodellen for ARK var uferdig og var preget av hastverk. Det blir fortalt at IFC-modellen ikke hadde tilstrekkelig skille mellom etasjer, og inndelinger av soner. Det mangler også hulltaking for gjennomgående sjakter og trapperom, samt trapp og repos. Den største utfordringen med IFC-modellen som trekkes frem av enkelte er at det ikke skilles mellom eksisterende, rives, etter rivning, og nye konstruksjoner. Videre belyses det at IFC-modellen ble brukt til enkel kontroll av mengdeberegninger som var gjort på 2D-tegninger, siden målene i IFC-modellen var riktig. Objektene egenskaper som ble hentet ut av IFC-modellen var netto og brutto areal, volum, høyde, bredde, og dybde.

Et intervjuobjekt forteller at elementmetoden ble anvendt som kalkulasjonsmetode, og metoden ble brukt for tømmer- og snekkerarbeider. For fagene som kun oppgir enhetspris, så ble kalkylen tilført riktig mengde. Det innrømmes av intervjuobjektet at det ble forsøkt å koble IFC-modellen direkte til kalkulasjonsprogrammet, men det viste seg at det var nødvendig å koble hvert objekt manuelt, da det ikke var brukt standardiserte objekter. Det understrekes videre at modellen i større grad må tilrettelegges, før det kan være aktuell å koble hvert objekt sammen med kalkylen. Visualiseringen trekkes frem av intervjuobjektet som det viktigste for å få med alle postene i kalkylen, ved å filtrere seg til ønskete objekter, enn å lete i det store antallet plantegninger i tilbudsunderlaget fra kunde.

#### **4.4 På hvilken måte må tilbudsunderlaget tilrettelegges for å understøtte dette formålet?**

*I dette delkapittelet blir det presentert hva formålet til IFC-modellen burde være, hvem skal tilrettelegge og stille krav til tilbudsunderlaget. Tilslutt blir det presentert hvilke nivå av anvendelse i modellen som etterlyses, og videre hvilket nivå av kompetanse hos entreprenør og underentreprenør som er ønsket. Dette gjøres for å belyse mulighetene for mer anvendelse av BIM i tilbudsfasen hos entreprenør. Det understrekes at spørsmålene er hovedsakelig rettet mot totalentreprise.*

##### **4.4.1 Hva burde formålet til modellen være i tilbudsunderlaget?**

Når intervjuobjektene blir spurt om formålet med IFC-modellen er meldingen klar, flertallet av intervjuobjektene etterlyser at det skal ta mindre tid å bruke modellen enn ved tradisjonelle metoder, og det pekes på mengdeberegning som er en tidkrevende prosess og her er det et stort forbedringspotensial. Et annet ønske som trekkes frem av enkelte er at modellen skal gi en mer effektiv ressursbruk hos entreprenør, her trekkes det frem fra flere at de ønsker å bruke mer tid på kontroll av mengder og mer oppfølging av underentreprenør og leverandør. De ønsker i tillegg at modellen skal gjøre det lettere å presentere underlaget for underentreprenør på en oversiktlig måte, som gjør at de ønsker å regne på jobben. Dette gjøres også for at underentreprenør eller leverandør ikke skal være i tvil om hva de skal ha med i tilbudet, og at det videre blir enklere for kalkulasjonsavdelingen å sammenligne de innkommende tilbud. Et av intervjuobjektene forteller at i perioder kan det komme inn flere tilbudsforespørsler fra flere byggherrer, enn hva kalkulasjonsavdelingen har kapasitet til å regne. Det forklares at i valget mellom to tilsvarende jobber, så kan et tilbudsunderlag med IFC-modell, trolig være avgjørende for hvilken av de to prosjektene som blir valgt. Det påpekes videre at det finnes andre viktige kriterier å se på, men for kalkulasjonsavdelingen så vil et godt tilbudsunderlag ikke bare være motiverende, men vil gi en mer konkurransedyktige tilbud til byggherre.

##### **4.4.2 Hvem skal tilrettelegge modellen for formålet?**

Det er delt mening mellom intervjuobjektene når det kommer til hvem som skal tilrettelegge modellen for formål som mengdeuttak og kalkulasjon i en totalentreprise, spesielt når det gjelder mengdeuttak fra IFC-modellen. Det er uansett enighet om at det står mellom de prosjekterende eller entreprenør, og at det ikke finnes et fasitsvar, da hvert prosjekt er unikt. Dette belyses også av samtlige at valg av entreprise er avgjørende for hvem skal tilrettelegge modellen. I denne sammenheng påpekes for generalentreprise at det ikke er nødvendig med å tilrettelegge IFC-modellen i tilbudsfasen. På den annen side for totalentreprise så vil en

tilrettelegging gagne entreprenørene som regner på prosjektet. Gjennomgående for alle kandidatene er at en tilrettelagt modell vil ha potensialet i å gjøre kalkulasjonsprosessen mer smidig, ved at det går raskere og blir mer effektivt. Flere av intervjuobjektene er overbevist om at byggherre i det lange løp vil tjene på at modellen tilrettelegges mest mulig før tilbudsfasen hos entreprenør, og de understreker at det må settes av nok ressurser for den nødvendige prosjekteringen. Et av intervjuobjektene informerer om at modellen blir levert sånn som den er, og at man som entreprenør står fritt til hvordan IFC-modellen brukes. Et annet ønske som blir trukket frem av intervjuobjektene er at det er fortsatt viktig at det leveres med 2D-tegninger i tilbudsunderlaget, da det ikke er alle som behersker bruken av 3D-program i bedriften.

#### **4.4.3 Hvilke krav bør byggherre stille til tilretteleggingen av tilbudsunderlaget?**

Det er bred enighet at det bør stilles krav fra byggherre til de ansvarlige prosjekterende som utarbeider tilbudsunderlaget at de må følge best praksis prosjekter. Det trekkes frem at det finnes flere eksempler på veiledere og manualer gitt ut på norsk. Det påpekes videre at det er viktig at det er noe form for standardisering, og at man må kunne stole på modellen. Her påstås det fra et av intervjuobjektene at det kan være vanskelig å orientere seg i hva som er best praksis.

Et av intervjuobjektene trekker frem at byggherre er for snill mot rådgiverne, og trekker frem at når det først utarbeides en 3D-modell, bør byggherre stille krav til nytteverdien av IFC-modellen, og det understrekes ved at IFC-modellen bør være tilrettelagt for mengdeuttak, og ikke kun til visualisering. Et annet intervjuobjekt mener at man bør styre unna bruken av BIM, dersom 3D-modellen brukes til å visualisere prosjektet kun for byggherre. Her pekes det på en enkelt episode hvor entreprenøren ikke fikk tilsendt modellen med tilbudsunderlaget, og fikk se modellen for første gang på avklaringsmøtet til tilbudet de tidligere hadde overlevert. Her ble det forhandlet frem tiltak på hvordan kalkulasjonsavdelingen skulle redusere kostnadene ved prosjektet.

Et ønske fra kalkulasjonslederen er at totalentreprenøren ikke skal stå for prosjekteringen i tilbudsfasen, dette bør tilrettelegges mest mulig før tilbudsfasen, da denne fasen er som oftest begrenset i tid og ressurser. Dette forklares ved at man ønsker å gjøre det man er best på, og det er å kalkulere og ikke prosjektere midlertidige løsninger som mest trolig ikke blir brukt i detaljprosjekteringen. Her etterlyses det at alle fag som er relevant for mengdeberegning og som er vesentlig for prosjektkostnaden, bør komme med IFC-modellen i tilbudsfasen.



#### 4.4.4 Hvilke nivå av anvendelse må modellen ha?

Når intervjuobjektene blir spurt om hvilke nivå anvendelsen av IFC-modellen må ha, er det full enighet i kalkulasjonsavdelingen om at det aller viktigste for å anvende IFC-modellen, er at den modelleres for RIB. Dette begrunnes med at det tar for lang tid for dem å prosjektere RIB i tilbudsfasen. Modellert for ARK er det neste som trekkes som viktig for kalkulasjonsavdelingen for å få anvende IFC-modellen til mengdeuttak og kontroll. For RIV og RIE er tegninger supplert med beskrivelse i større grad nødvendig enn at det foreligger en 3D-modell, for at kalkulasjonsavdelingen skal få inn tilbud fra sine underentreprenører. Det understrekes at det likevel er ønskelig at det foreligger en fagmodell for å få flere underentreprenører til å regne på jobben. Det understrekes ytterligere at underentreprenørene for fagene RIV og RIE kan prise jobben kun basert på beskrivelse og konsepttegninger.

Et stort ønske fra alle intervjuobjektene er at modellen skal inneholde all nødvendig informasjon for kalkulasjon og mengdeuttak. Flere av intervjuobjektene erfarer at tegningene som foreligger tilbudsunderlaget er generert på bakgrunn av en 3D-modell. De påpeker at selv om tegningene er bindende, så er det mye informasjon i modellen som kan anvendes for å visualisere og forenkle jobben med å beregne mengder i tilbudsfasen. Videre er det delt mening blant intervjuobjektene om hvor mye informasjon de ønsker fra modellen. Enkelte forteller at de opplever at det blir for mange objekter å forholde seg til i IFC-modellen. Andre argumenter for flere objekter i modellen, men at de ønsker bedre verktøy for å filtrere bort og samle objektene i IFC-modellen.

Et av intervjuobjektene mener at IFC-modellen er et fint hjelpemiddel i avklaringsmøter hvor representanten fra byggherre og deres rådgivere gjennomgår tilbudet sammen med de ansvarlige for kalkulasjonen av tilbudet. Potensialet ved å anvende IFC-modellen utdypes ved at de som entreprenør kan presentere sin løsning av prosjektet og eventuelt alternative løsninger, sammen med valg av produkter og kvaliteter som ligger til grunn i tilbudet. Det trekkes også frem at viktigheten av å formidle hva som inngår i tilbudet til byggherre, kan være avgjørende for å vinne jobben. En situasjon kalkulasjonsavdelingen trekker frem som kan være til stor frustrasjon og som dessverre skjer fra tid til annen, er at barnehager prosjekteres alt for ambisiøst uten at det foreligger tilstrekkelig finansiering. Her vil usikkerheten i finansieringen av prosjektet føre til at tilbudsunderlaget må revideres og at kalkulasjonsavdelingen må gå igjennom en ny runde, dersom man ikke trekker seg.

I kalkulasjonsavdelingen er det full enighet om at visualisering med IFC-modell istedenfor tradisjonelle tegninger gir dypere forståelse av tilbudsunderlaget tidligere i tilbudsfasen. Her

trekkes det frem fordeler som at visualiseringen bidrar med å gi god oversikt over arbeidsomfanget, slik at man vet hvilke fag som er nødvendig å forespørre. Det blir også trukket frem at man kan enklere prioritere fagene og fordele arbeidsoppgavene mellom de involverte i kalkulasjonsavdelingen. Med tradisjonelle tegninger nevnes det blant annet at det er lettere å miste oversikt med et høyt antall tegninger og spesielt se sammenhenger. Det poengteres at dette gjelder for de større prosjektene, hvor det er flere i kalkulasjonsavdelingen som regner på jobben. Det vises videre til at manglende oversikt kan være et hinder for å få helhetsforståelse og at her har IFC-modellen en av sine styrker i tilbudsfasen. Det blir videre informert om økt helhetsforståelse er viktig for å bedømme gjennomførbarheten, og tidlig fange opp potensielle feil som kan gi endringskostnader. Dette påpekes at dårlig gjennomførbarhet av prosjektet er en potensiell kilde til tillegg og runde summer i kalkylen, eller at det tas forbehold mot enkeltområder i tilbudet som overleveres til byggherre. Det blir understreket fra dagligleder og kalkulasjonsleder at de har et mål om å redusere bruken av diverse summer i tilbudsoppsettet og ta mindre forbehold mot usikkerheter i tilbudsunderlaget. Et av intervjuobjektene trekker frem at dersom beskrivelse og tegninger ikke stemmer overens i tilbudsunderlaget kan det medføre tillegg i prisen eller bruk av diverse summer i kalkylen. Her informeres det videre om et eksempel på at tilbudsunderlaget stilte krav til en bestemt himlingshøyde, som var umulig i samsvar med kravet til installasjon av ventilasjon og sprinkelanlegg. Dette resulterte i mye kommunikasjon frem og tilbake mellom alle de involverte aktørene i tilbudsfasen.

Mengdeuttak trekkes frem som en aktuell teknologi av alle i kalkulasjonsavdelingen. Flertallet ytrer at de ønsker å anvende mer mengdeuttak istedenfor tradisjonelle mengdeberegninger og det er derfor viktig at tilbudsunderlaget tilrettelegges for nettopp dette formålet. For at dette skal bli en realitet, tar samtlige av intervjuobjektene opp at dersom de skal anvende modellen til mengdeuttak, må man først kunne stole på at IFC-modellen er riktig modellert. Enkelte trekker frem at mengdene må stemme overens med beskrivelsen i tilbudsunderlaget, og motsatt at beskrivelsene er oppdatert i forhold til modellen. For kalkulasjonsavdelingen etterlyses det et ønske om at det blir prosjekter med standardiserte mål og produkter fra leverandør i modellen. Et av intervjuobjektene trekker spesielt frem større fasade- og glassarbeider, da dette kan være svært tidkrevende å regne og kontrollere. Flertallet i kalkulasjonsavdelingen informer om at det ikke er aktuelt å tilrettelegge modellen med å tilføre objekter som dører, vinduer og liknende, da det er mye raskere å sette inn mengden rett inn i kalkylen når man først har telt opp det nødvendige antallet.

Samtlige i kalkulasjonen mener at vil ha stor nytte av kun enkle mål som bruttomål. Det nevnes bruttoarealer av vegg, byggtapetsering og tak. Andre enheter som nevnes er antall løpemeter, breddemål, høydemål, dybdemål og volum. Det kan også være antall kg med stål. Et av intervjuobjektene forklarer hvilke mengder maleren etterlyser og hvordan det skilles mellom ulike type underlag som skal males. Her trekkes det frem at maleren har et hovedskille mellom kvadratmeter med ny- og eksisterendevegg. Dette gjelder også om det er inner- eller yttervegg. For tømrerarbeider vises det til at det kun er nødvendig med antall kvadratmeter med ny vegg, og type veggoppbygningene. Det belyses ved at veggoppbygningen bygges opp som elementer i kalkulasjonsprogrammet og kun enkel geometri behøves derfor i modellen.

Siden tømrerarbeider prises innad i bedriften med elementmetoden så ser kalkulasjonsavdelingen at det er fordelaktig om modellen inneholder informasjonen om ønsket veggoppbygning. Det etterlyses videre at det er behov for enkel geometri som viser kun antall kvadratmeter veggflate og at det skilles mellom de ulike typene veggoppbygning i modellen. Her trekkes frem eksempel på type veggoppbygning som kan ha ulikt lyd- og brannkrav, egenskaper som isolasjonstykkelse og antallet lag med gips. Det poengteres at disse egenskapene er nødvendig for å velge og tilføre riktig element i kalkylen.

Samtlige i kalkulasjonsavdelingen forteller at det er stor variasjon i hva underentreprenør etterspør fra entreprenør når det kommer til tilbudsunderlaget de mottar. Her blir det informert om at noen av underentreprenørene krever at de får oppgitt mengder, andre regner ut mengdene selv. Dersom de ikke får oppgitt mengder kan de hende at de oppgir enhetspris, noe som medfører at kalkulasjonsavdelingen har behov for å budsjettere med tilnærmete mengder i kalkylen. Det fortelles videre at tilbudene sammenlignes og kontrolleres opp mot mengder og enhetspris, det spesifiseres at mengder ikke er relevant dersom det er generalentreprise. Denne sammenligningen av tilbud i hvert fag gjøres for å få kontroll over hva som ligger til grunn i tilbudet fra underentreprenør, noe som igjen potensielt hindrer at poster uteblir i kalkylen. I denne sammenheng er det noen fag som får inn flere tilbud per fag fra underentreprenør, da er det enkelt å kontrollere mengdene og enhetspris mellom tilbudene. Det fortelles også at man ikke får inn nok tilbud per fag, dette gjør at det er ekstra viktig for kalkulasjonsavdelingen å kontrollere mengdene som ligger til grunn i tilbudet i en totalentreprise. Samtlige i kalkulasjonsavdelingen ser nytten av å anvende IFC-modellen til å kontrollere tilbudet til byggherre, og at det er et risikoreduserende hjelpemiddel for kalkulasjonsavdelingen.

Flere ser muligheten ved at mengder er koblet direkte til kalkulasjonsprogrammet når det kommer til en totalentreprise, for at dette skal være mulig i førsteomgang så må objektene ha

klare skiller og at det er mulig å gruppere like objekter med samme enhet og koble det direkte til valgt element i kalkulasjonsprogrammet.

#### **4.4.5 Hvilke nivå av kompetanse må entreprenør og underentreprenør ha?**

Intervjuobjektene gir uttrykk for at de ikke ønsker å ha et nivå av kompetanse som tilsvarer det å måtte være ekspert på IFC-klassifisering for å kunne tilrettelegge og anvende IFC-modellen som foreligger i tilbudsunderlaget. De gir også uttrykk for at programvarene kan bli for kompliserte, og at det krever mye mengdetrening og at man holder kunnskapen vedlike ved ukentlig praktisering. Det fortelles også at de ikke ønsker at det stilles krav til en spesifikk programvare og at det må støtte det åpne filformatet IFC for å kunne tilrettelegge modellen. Noen av intervjuobjektene ønsker aller helst at gratisprogrammer skal kunne tilrettelegge modellen i tilstrekkelig grad for ønsket anvendelse, men de er åpne for å gå til innkjøp av programvare som samler flere av entreprenørens behov for tilbudsfasen og over til produksjonsfasen. Flere av intervjuobjektene ytrer at de ikke ønsker kompetanse på nivå med en som driver med daglig prosjektering og modellering, for å kunne tilrettelegge IFC-modellen selv. Per dags dato er det etterspurt et nivå av kompetanse som gjør at man raskt og enkelt kan tilrettelegge og trimme modellen selv for hvert enkelt fagområde og gi underentreprenøren den nødvendige mengden de etterlyser. Dette begrunnes med at det skal bli mer attraktivt for underentreprenøren å prise jobben. En utfordring som fremheves av et av intervjuobjektene er at det trolig kan være en utfordring å få enkelte underentreprenører til å anvende IFC-modellen. Videre at det kan bli nødvendig at underentreprenøren får tilsendt IFC-modellen for å visualisere arbeidsomfanget, men at den er supplert med en mengdeliste som kalkulasjonsavdelingen har tilrettelagt.

## **4.5 Hvordan kan entreprenøren selv tilrettelegge IFC-modellen for å nå formålet?**

*I dette delkapittelet blir det presentert fordeler og ulemper ved å tilrettelegge IFC-modellen selv, hvilken grad av tilrettelegging som er nødvendig og hvilke tekniske løsninger som etterspørres. Tilslutt så presenteres det hvordan Moderne Byggfornyelse skal jobbe videre med å nå formålet om mer anvendelse av BIM i tilbudsfasen. Det presiseres at spørsmålene er hovedsakelig rettet mot totalentreprise.*

### **4.5.1 Hvilke fordeler og ulemper er det å tilrettelegge modellen selv for ønsket formål?**

Når intervjuobjektene ble spurt om hvilke fordeler det er å tilrettelegge modellen selv, var det full enighet om at dette ville føre til bedre kontroll i bruken av IFC-modellen når man selv står for tilretteleggingen. Det påpekes at det er kun aktuelt å tilrettelegge IFC-modellen i en totalentreprise og ikke i en generalentreprise. Det er også enighet om å tilrettelegge modellen har sine fordeler, da man får hentet ut mengder etter eget oppsett og praksis. Det påpekes likevel at spesielt når modellen inneholder mye feil er terskelen høy for å tilrettelegge modellen. Det påpekes ytterligere at kvaliteten av IFC-modellen avgjør graden av hvor mye som kan hentes ut under mengdeuttaket. Det er gjennomgående fra alle intervjuobjektene at modellen ikke kan tilrettelegges 100 % for mengdeuttak. Videre er det heller ikke nødvendig at modellen tilrettelegges for mengdeuttak i like stor grad. Dette forklares ved at ikke alle objekter er relevante å ha med i IFC-modellen, eller er nødvendig for at entreprenøren skal kunne forspørre en av sine underentreprenører eller leverandører. Her viser et av intervjuobjektene til case 3, hvor det var større nytteverdi med en liste over garnityr med ønsket kvalitet i tilbudsunderlaget, enn at det er modellert i IFC-modellen. Dette utdypes ved at det er mye viktigere for kalkulasjonsavdelingen å forespørre sine underentreprenører når de har riktig mengde og kvalitet, enn at de får det visualisert. Et av intervjuobjektene forteller det kun er aktuelt å berike modellen med objekter som kan kobles direkte opp mot et kalkulasjonsprogram, hvor det vil være til fordel for flere fag.

Det er imidlertid uenighet mellom intervjuobjektene om det er god utnyttelse av ressurser å tilrettelegge IFC-modellen selv. Enkelte hevder i denne sammenheng at det er lettere med mengdeuttak fra tradisjonelt tegningsunderlag. En annen hevder at det kun er aktuelt med mindre tilrettelegginger, og kun for de fagene hvor mengdeuttaket er krevende uten bruk av 3D-modell. Dette belyses ved et eksempel som gjelder fasade av naturstein i case 3. Her var kvadratmeterpriser for naturstein høy, og det var viktig å skille mengdene mellom alt fra smyg

til beslag, da det var oppgitt kun enhetspris fra underentreprenør. Her var det en fordel å tilrettelegge modellen slik at mengdene ble noenlunde korrekte, og for raskere å hente ut og beregne mengden, enn ved tradisjonelle beregningsmetoder.

Det hevdes av flere at det ikke lønner seg å tilrettelegge IFC-modellen ved de små prosjektene dersom den ikke er tilstrekkelig, da de tror det er raskere med tradisjonelle metoder. De tror også at IFC-modellen kun vil bli brukt til visualisering, og enkle mengdeuttak dersom kalkulasjonsavdelingen selv må stå for tilrettelegging. Dersom kalkulasjonsavdelingen tilrettelegger modellen selv for ønsket kalkulasjonsmetode og mengdeuttak, så vil det potensielt gi enda bedre oversikt over 3D-modellen, forklarer et av intervjuobjektene.

Den store ulempen som trekkes frem av samtlige i kalkulasjonsavdelingen er at tiden i tilbudsfasen er svært begrenset og kan ofte være i 2-6 uker. Det informeres også om at kalkulasjonsavdelingen ikke begynner å regne på prosjektet samme dag som de mottar tilbudsunderlaget fra byggherre. Det forklares at det gjerne kan gå 1 uke eller 2 før kalkulasjonsavdelingen begynner for fullt å regne og forespørre sine underentreprenører, og det utdypes at tilbudsforespørsel foregår blant annet parallelt med mengdeberegning.

#### **4.5.2 Er det aktuelt å tilrettelegge en IFC-modellen som er mangelfull?**

Det at kalkulasjonsavdelingen har begrensede ressurser og tid er ifølge flere av intervjuobjektene problematisk dersom IFC-modellen er mangelfull. Det innrømmes av flere at det er da mer aktuelt å bruke mer tradisjonelle metoder for mengdeberegning, som de føler seg mer komfortable med å bruke. Det innrømmes også av enkelte at de blir skeptisk til å bruke IFC-modellen dersom den inneholder mye feil, og videre at det ikke er aktuelt å bruke IFC-modellen dersom man ikke kan stole på at mengdene er riktig. Hva intervjuobjektene legger i en mangelfull IFC-modell er en modell som ikke følger retningslinjer og inneholder mye feil. En løsning som foreslåes av et av intervjuobjektene vil være å få eksterne aktører til å tilrettelegge modellen og hente ut ønskete mengder, men understreker at dette ikke er aktuelt per dags dato da det trolig vil være mer lønnsomt å bruke tradisjonelle metoder for mengdeberegning fremover mengdeuttak med IFC-modell.

### **4.5.3 Hvilke fag er det aktuelt å tilrettelegge for?**

Kalkulasjonsavdelingen forteller at vanlig praksis er at tilbudsunderlaget tilrettelegges for hvert fag som er relevant å sende en tilbudsforespørsel til. Dette gjøres ved en faginndeling av tilbudsunderlaget, noe som betyr at kun relevante tegninger og beskrivelser for faget som forespørres samles på et sted. Det blir også fortalt at ofte er det nødvendig med å markere på tegninger med tanke på avgrensninger og mengder. Det nevnes blant annet at den forespurte underentreprenør ikke skal trenge å lete unødvendig mye i tilbudsunderlaget, og videre at kalkulasjonsavdelingen skal få bedre oversikt over hva underentreprenør har prissatt i sitt tilbud. Denne tilrettelegging av fag etterlyser kalkulasjonsavdelingen også når det gjelder bruk av IFC-modell. Det er aktuelt å bruke IFC-modellen slik at enten underentreprenør får en trimmet IFC-modell som er spesialtilpasset deres behov, eller at modellen gir underentreprenøren mulighet til å visualisere hva som skal gjøres sammen med en supplerende liste over mengder som skal prises.

Underentreprenører som driver med stål- og betongarbeider trekkes frem som de som oftest ikke driver med prosjektering selv, og de er derfor avhengig av å ha et tilrettelagt tilbudsunderlaget med nødvendig prosjektering for at de ønsker eller kan regne og prise jobben. Det innrømmes at særlig betongarbeider kan være vanskelig å få inn gode pristilbud på, dersom tilbudsunderlaget er mangelfullt. Det samme problemet gjelder for mindre betongarbeider, eller at det kan være utfordringer med adkomstvei og trafikk, slik at de ikke kommer til med betongpumpen.

### **4.5.4 Hvilke tekniske løsninger er det behov for å løse for å nå formålet?**

For å ta i bruk tekniske løsninger for å anvende IFC-modellen så understreker to av intervjuobjektene at 3D-modellen må være tilrettelagt for mengdeuttak. Dette gjør at forholdene ligger til rette for at de kan fokusere på mengdeuttak og dele det med underentreprenørene og videre kontrollere mengdene som foreligger i kalkylen. Videre etterlyser de at man kan trimme og organisere modellen etter behovet til de ulike fagene som inngår i prosjektet. Et av intervjuobjektene belyser det ved at det er behov for å kunne gruppere like objekter i modellen, som skal ha samme enhetspris i kalkylen og skille dem visuelt. Det ønskes også å ha muligheten til å korrigere modellen og berike IFC-modellen med objekter fra objektbiblioteker eller objekter fra underleverandører som blir lagt til grunn i kalkylen.

Det er full enighet i kalkulasjonsavdelingen om at for rehabilitering er det nødvendig at modellen kan skilles mellom eksisterende, rives, etter riving, og nye konstruksjoner. Det kommenteres at en kombinasjon av de nevnte inndelingene er nødvendig dersom det skal

imøtekomme behovet til kalkulasjonsavdelingen, samt at det skilles mellom bærende og ikke-bærende for inner- og yttervegger. Videre informeres det om fra et av intervjuobjektene at dette er nødvendig for å eksportere de relevante mengdene til Excel eller direkte koble objekter til kalkulasjonsprogrammet.

#### **4.5.5 Hva må Moderne byggfornyelse jobbe videre med for å nå formålet?**

Flere i kalkulasjonsavdelingen gir uttrykk for at dersom det foreligger en IFC-modell sammen med tilbudsunderlaget, så ønsker de at IFC-modellen skal bli anvendt til mengdeuttak for kalkylen og heller supplere med 2D-tegningene. Flere ser at det er nødvendig å bruke en kombinasjon av tegninger og 3D-modell selv om noen påpeker at de ønsker å bli mer papirløs, så påpekes det av samtlige at behovet for å se på eksisterende tegninger av bygget som skal rehabiliteres. Et stort ønske for enkelte av intervjuobjektene er at informasjon fra modellen kan kobles automatisk mot kalkylen i kalkulasjonsprogrammet. Et av intervjuobjektene forteller at de i dag må koble IFC-modellen manuelt mot kalkylen, men at de tidligere har hatt et prosjekt som var tilrettelagt for at objektene i IFC-modellen koblet seg automatisk til kalkylen i kalkulasjonsprogrammet. Det nevnes at det er for tidkrevende og uoversiktlig til at det er aktuelt å gjennomføre manuell kobling av objekter til kalkylen uten noen form for tilrettelegging av IFC-modellen på forhånd.

Det er gjennomgående for alle intervjuobjektene at det er utfordrende å ta steget videre. Det er et stort ønske om mer automatisert mengdeuttak, og de er åpne for å tilnærme seg den nødvendige kompetansen som kreves. Samtlige i kalkulasjonsavdelingen påpeker at kvaliteten på tilbudsunderlaget er svært varierende i rehabiliteringsprosjekter, og det er behov for mer stabilitet i kvaliteten på IFC-modellene for at man trolig kan ta steget videre. Flertallet har troen på at bruken av 3D-modeller har potensialet for å gi tilbudet til byggherre et forsprang mot andre tilbydere i tilbudsfasen, eventuelt frigi ressurser slik at man kan få regnet et større antall jobber tilsvarende dagens ressursbruk i kalkulasjonsavdelingen. Et av intervjuobjektene trekker frem at kanskje er det aktivt bruk av IFC-modellen som gjør at man tilslutt vinner jobben. Det konkluderes av kalkulasjonslederen at det er behov for kompetanseheving etter at de hadde en tidligere ansatt som kunne bruke modellen aktivt for mengdeuttak og tilrettelegge modellen med ArchiCAD. En slik kunnskap ønsker de at flertallet i kalkulasjonsavdelingen skal ha, og det ikke skal være knyttet til en spesifikk person med spesialkompetanse innen modellering og spesifikk mot programvare. Videre ønskes det på sikt at IFC-modellen skal forankres i kalkylen og det skal være lavere terskel for å bruke BIM aktivt for alle som jobber med mengdeberegning



og tilbudsforespørsler til underentreprenør. Dette for å få bedre kontroll av mengdeberegningene når det er flere involverte i å regne, og at når prosjektet overleveres til produksjon skal de enkelt se mengdene som ligger til grunn i tilbudet til byggherre. Her nevnes det som en stor mulighet for kompetanseoverføring og detaljkunnskap om prosjektet innad i bedriften når prosjektet går over til produksjonsfasen. Det konkluderes videre med at det er behov for å tilegne seg rett kompetanse med riktig verktøy, også for å kunne videreføre arbeidet over til fremdriftsplanlegging og i produksjonsfasen. I tillegg må det jobbes videre med å bli tryggere i bruken av IFC-modeller til mengdeuttak og ikke kun til visualisering. De ønsker også å oppfordre byggherre til å få tilrettelagt IFC-modellen for mengdeuttak på neste prosjekt.



## 5 Diskusjon

*I dette kapitlet drøftes resultat i kapittel 4 med utgangspunkt i funnene fra teorien i kapittel 3. Dette for å synliggjøre eget arbeid til akseptert oppfatninger og litteratur innenfor fagfeltet. Diskusjonen i delkapitlene under er strukturert etter forskningsspørsmålene til problemstillingen.*

### 5.1 Hvordan kan BIM understøtte tilbudsfasen hos entreprenør?

Det er rimelig å anta at den økende trenden med at det foreligger en IFC-modell i tilbudsunderlaget fra bygge i både mindre og større prosjekter vil fortsette hos Moderne Byggfornyelse. Det uttales av Kokslien (2015) at alle de større offentlige byggherrene i Norge i dag, krever åpenBIM i alle prosjekter. En mer oppsiktsvekkende uttalelse fra Smith (2014) som viser til at de som ikke klarer å henge med i den teknologiske utvikling med å implementere BIM vil bli borte, og videre at det i dag er mange firmaer som opererer med små så marginer i fortjeneste at det hindrer dem i å investere i teknologi på sikt. Det er derfor rimelig å anta Moderne Byggfornyelse som en av mange mellom-store totalentreprenører i Norge, på sikt har behov for å implementere og ta i bruk BIM i tilbudsfasen.

IFC-modellen bringer store fordeler for entreprenør, men den tar også med seg nye utfordringer. Det påstås at IFC-modellen gjør at man kan identifisere trender, mønstre og potensielle problemer på et avansert nivå som tidligere ikke var mulig (Hardin & McCool, 2015). Videre hevdes det at BIM ses på som et paradigmeskift i byggebransjen siden det åpner opp for tverrfaglig samarbeid (Azhar, 2011). Dette taler for å ta i bruk IFC-modellen i tilbudsunderlaget for å understøtte tilbudsfasen.

Det er utvilsomt at tilbudsfasen hos entreprenør foregår over en begrenset tidsperiode. Tiden kalkulasjonsavdelingen i Moderne Byggfornyelse har til å regne på rehabiliteringsprosjekter, kan ifølge intervjuobjektene variere fra to til seks uker. Denne tidsbegrensningen er et gjennomgående svar hos intervjuobjektene, og videre er det behov for å se løsninger og konsekvenser raskt. Intervjuobjektene som jobber daglig med kalkulasjon forteller at det viktigste er å ringe og purre sine underentreprenører for å forsikre seg om at de vil motta tilbud fra dem, og i den forbindelse, at det er behov for mer tid.

I tillegg til mangel på tid i tilbudsfasen så fortelles det at påvirkningsmuligheten for å få ned prosjektkostnaden er lav. Foruten å forespørre sine underentreprenører og leverandører, har de størst påvirkningsmulighet i hvordan de bruker tilbudsunderlaget fra byggherre. En forutsetning for større påvirkningsmulighet vil være avhengig av god oversikt i

tilbudsunderlaget, som er vesentlig for å spare tid, bli trygg på kalkylen og vinne tilbudskonkurransen. Det informeres videre at tilbudsunderlaget påvirkes i all hovedsak av tekniske løsninger, prosjektets geometri og arkitektens valg av løsninger. At denne informasjonen fra tilbudsunderlaget kan samles i en felles IFC-modell, samsvarer med Jespersen (2008) i at bygningsinformasjonsmodellen kan nå bli selve bindeleddet for informasjon i byggeprosessen. I motsetning til tidligere hvor hver plantegning ble tegnet isolert uten relasjon til de andre plantegningene (Bryde et al., 2013).

I sammenheng med at informasjonen samles i en IFC-modell eller deles opp i flere fagmodeller, understrekes det fra samtlige at nytteverdien til fagmodellen avgjøres av entreprisform som ligger til grunn i tilbudsfasen. Samtlige av intervjuobjektene hevder at nytten er størst når IFC-modellen foreligger i en totalentreprise og er ikke like relevant for en generalentreprise. Andre entreprisereform er ikke vurdert da Moderne Byggfornyelse i all hovedsak utfører rehabiliteringsprosjekter basert på total- eller generalentrepriser. Et viktig skille mellom entreprisereformene opplyses det om fra intervjuobjektene, at det i tilbudsunderlaget i en generalentreprise foreligger en mengdeliste, mot i en totalentreprise, hvor kalkulasjonsavdelingen vanligvis må regne ut mengdene selv ut ifra tilbudsunderlaget. Det er mye som tyder på at nytteverdien for IFC-modellen i en generalentreprise vil da være å understøtte prosjektet ved å visualisere omfanget.

Da det er full enighet blant intervjuobjektene at BIM har størst potensial for å understøtte totalentreprise, vil det å implementere BIM i tilbudsfasen, ha størst potensial å understøtte rehabiliteringsprosjekter med totalentreprise hos Moderne Byggfornyelse. Nøkkelpersoner i bedriften påpeker likevel at de ser størst potensial i å bruke IFC-modell på totalrehabiliteringsprosjekter til 10 millioner og oppover, da de tror nytteverdien er lavere enn å benytte tradisjonelle metoder for mengdeberegning og kalkulasjon. Teorien fra tabell 3.1 sammenlignet med punktene i delkapittel 3.4.5 så peker litteraturen mot at den største potensielle effekten ved å implementere BIM i tilbudsfasen hos entreprenør er selve reduksjonen av tiden det tar for å utføre kalkulasjonen i forhold til å benytte mer tradisjonelle metoder, og ikke like store effekt for nøyaktigheten av kalkylen i forhold til den virkelige prosjektkostnaden (Azhar, 2011; Hartmann et al., 2008; Holm, 1990; Holm et al., 2005).

Som mange av intervjuobjektene konstaterer, så har BIM potensial til å understøtte den mer tradisjonelle tilbudsfasen ved at nytteverdien er større ved å gå over til å bruke IFC-modeller for mengdeuttak og kalkulasjon. Det foreslåes av intervjuobjektene en rekke områder BIM kan være med å støtte opp under i tilbudsfasen og det uttales at BIM kan føre til at de tar mer risiko

og mindre forbehold mot enkelte punkter i tilbudsunderlaget, da de trolig vil få bedre oversikt av tilbudsunderlaget. Videre påpekes BIM sitt potensial med å redusere dobbeltarbeid, som kan være å utføre et mengdeuttak for flere fag samtidig.

Et stort potensial med BIM er raskere å regne ut mengder, og gi den nødvendige oversikten og kontrollering av hvordan mengden er regnet ut. Et av intervjuobjektene fremhever potensialet ytterligere ved å få koblet objektet fra IFC-modellen direkte til kalkulasjonsprogrammet, hvor man da vil kunne hente informasjonen fra objektene inn i kalkylen, og mulighet til å spore informasjonen tilbake til objektene. Videre vil det være lettere kontrollere og sammenligne innkommende tilbud fra underentreprenørene og dele mengden med dem i større grad.

Potensialene som fremheves igjennom intervjuene, stemmer overens med samtlige av punktene til tabell 3.4, listet opp i delkapittel 3.4.5, hvor litteraturen fremhever fordeler ved å ta i bruk BIM uavhengig av aktør. Mye tyder på at fordelene med å ta i bruk BIM for entreprenør er forbedret produktivitet ved at det blir mindre konflikter og endringer, raskere gjennomføring av tilbudsfasen, og bedre kontroll av kalkylen. For en raskere gjennomføring, så hevder Autodesk (2007) og Rundell (2006) at tiden det tar å utføre de mer tradisjonelle mengdeberegningene utgjøre så mye som 50-80% av tiden brukt i kalkulasjonsprosessen. Hvor tradisjonelt mengdeuttak i litteraturen kan ses på som at entreprenøren mottar PDF-filer eller utskrift av tegninger fra arkitekt eller rådgiver for så manuelt utføre mengdeberegninger (Hardin & McCool, 2015).

Tilsynelatende er potensialet stort for å redusere ressursbruken for mengdeuttak ved å ta i bruk BIM for å understøtte kalkulasjonsprosessen, kun ved å se på tallene isolert. Fra intervjuobjektene er det tydelig at de trenger bedre tilgang til informasjon, økt gjenbrukbarhet av data og redusere dobbelt arbeid. At tilbudsfasen preges av mye manuelt og dobbelt arbeide gir et ytterligere poeng for mer anvendelse av BIM. Som litteraturen poengterer så vil manuell inntasting av allerede eksisterende data, åpne opp for muligheten av tap av informasjon (Bråthen, 2015). Dette stemmer overens med at kjeden av manuell informasjon skaper mange muligheter for kommunikasjonssvikt og hvor konsekvensen er at det går store ressurser til kvalitetssikring (Bryde et al., 2013; Chen et al., 2005). I tillegg til at tilbudsfasen er tidsbegrenset, kan den ifølge intervjuobjektene føre til at kalkulasjonsavdelingen nedprioriteringer å følge opp og forespørre underentreprenørene. Et viktig poeng for kvalitetssikringen av kalkylen er å få inn flere tilbud per fag fra underentreprenører. Det er viktig for å få ned prosjektkostnaden og videre redusere risikoen i kalkylen for entreprenøren. Nedprioriteringen av å regne alle mengder nøyaktig, skyldes at intervjuobjektene ser det for

tidkrevende å regne og kontrollere, noe som gir økt bruk av overslag i kalkylen. Det området det går likevel hyppigst utover er ifølge intervjuobjektene å finne alternative kostnadsbesparende tiltak i prosjektet.

Sett i lys av begrenset tidsperiode og hvordan BIM kan understøtte tilbudsfasen, så har BIM muligheten til å gjøre kalkulasjonsprosessen delvis til automatisk (Eastman et al., 2011; Uddin & Khanzode, 2013). En mer automatisk kalkulasjonsprosess med automatisert mengdeuttak fra IFC-modellen, vil gi verdiskapning i alle ledd av kjeden av informasjon, videre å redusere dobbelt arbeid og redusere ressursbruken i kalkulasjonsavdelingen for mengdeuttak. Alt tyder på at BIM i tilbudsfasen har potensialet til å gi økt effektivitet i forhold til å benytte tradisjonelle metoder, men det er nødvendig at tilbudsunderlaget er tilrettelagt for formålet.

## **5.2 Hvordan er tilbudsunderlaget i dag tilrettelagt for formålet?**

I tilbudsfasen kan manglende ansvarsforhold i tilbudsunderlaget og grensesnitt mellom fag kan være kilde til konflikt. For rehabiliteringsprosjekter uttales det at kvaliteten på tilbudsunderlaget kan være svært varierende. Dette kan forårsake at kalkulasjonsavdelingen bruker tid og ressurser på oppgaver i dag som gjelder prosjektering og ikke på selve kalkulasjonen. Det er i tillegg lite heldig at tilbudsunderlaget bidrar med uklarhet, og fører til kommunikasjonssvikt mellom aktørene som kunne ha vært unngått. Konsekvensen som intervjuobjektene peker på er at uklarheter kan føre til forsinkelser og utsettelse av tilbudsfrist.

Det som skiller rehabiliteringsprosjekter fra nybygg er at det er behov for å skille mellom eksisterende, nytt og hva som skal rives, før man kan effektivt regne ut mengder. Uklarhetene med å skille mellom nytt og gammelt i modellen, kan forårsake at kalkulatøren regner ut feil mengder, regner dobbelt eller at mengden uteblir i kalkylen (Eastman et al., 2011; Hardin & McCool, 2015). For at det også skal bli et tydeligere skille mellom fagene til modellen, har EBA (2013) kommet med sin anbefaling av inndeling over grensesnittet. Figur 3.15 skiller mellom ARK, RIB, RIV, RIE og LARK. Dersom fagene er splittet opp i flere fagmodeller, kan entreprenøren raskt og enkelt finne mengdene de er ute etter og hva de kan forvente ved visualisering. En utfordring dersom det utarbeides flere frittstående fagmodeller, såkalt hybridmodeller antyder Eastman et al. (2011) at dette er en konsekvens av manglende samhandling. En ytterligere utfordring er at flere fagmodeller kan være til hinder for kollisjonskontroll.

Som belyst i delkapittel 3.6.1 og med figur 3.14, så anbefales det å få utarbeidet et formål med modellen som er klart og tydelig definert (Boligprodusentenes Forening, 2012). Videre bør det

stilles krav til modellen av hva som skal hentes ut, hvem som skal nyttiggjøre seg av modellen og hvordan informasjonen skal utveksles. Det begrunnes med at dette er utgangspunktet for å lage en god modell. Etter intervjuene om casestudiene 1 til 3, er det mye som tyder på at formålet til modellen er svært varierende og det samme gjelder for hvordan modelleringen praktiseres. Med utgangspunkt i teorien er det mye som tyder på at IFC-modellen som følger med tilbudsunderlaget fra kunde, ikke følger god modelleringspraksis, eller ikke har riktig formål for tilbudsfasen sett fra entreprenørens ståsted.

Da omfanget og entreprisen er forskjellig, som beskrevet i kapittelet 2 om metode, er det ikke mulig å generalisere casestudier da de er alltid tids- og stedsavhengige. Likevel er det viktig for å få en helhetsforståelse, og for å gi en pekepinn på hvordan situasjonen er i dag for Moderne Byggfornyelse, samt for entreprenører som driver med tilsvarende rehabiliteringsprosjekter. Videre kan lærdommen fra casestudiene ha en viss overførbarhet, for alle aktører som er indirekte eller direkte involvert i tilbudsfasen.

I case 1 belyser intervjuobjektene utfordringer med å få en 3D-modell basert på eksisterende 2D-tegninger. Tilbudsunderlaget for totalentreprise inneholder to fagmodeller med høy detaljeringsgrad. Fagmodeller for fagene RIB og RIV, i tillegg var RIV supplert med en mengdeliste. Som intervjuobjektene bekrefter bidrar dette med god oversikt og økt gjennomførbarhet. Ut i fra intervjuobjektene så tyder alt på god modelleringspraksis som beskrevet i 3.6, men det viste seg å være større avvik mellom IFC-modellen og eksisterende bygg som gjorde at de ikke kunne stole på modellen. Konsekvensen er tydelig at intervjuobjektene fant det lett for å gå tilbake til gamle rutiner.

Fra case 2 ble det tydelig bekreftet hvorfor generalentreprise gir kalkulasjonsavdelingen mindre nytteverdi i tilbudsfasen, da mengde som skal prises er allerede listet opp i tilbudsunderlaget. Til tross for at modellen hadde høy detaljeringsgrad på enkeltområder som hoveddimensjoner, var likevel ikke modellen fullstendig. Det er oppsiktsvekkende at RIB-modellen erstatter RIB-tegninger i tilbudsunderlaget, da kalkulasjonsavdelingen opplever at dette kan skape utfordringer med enkelte underentreprenører som ikke kan bruke IFC-modellen til å visualisere omfanget. Et viktig poeng er at mengdelisten er gjeldende, dermed vil IFC-modellen trolig i beste fall bli brukt til visualisering, og i verstefall aldri bli anvendt.

I forbindelse med case 3, så forelå det kun fagmodell fra ARK, og for resterende fag forelå det konseptuelle tegninger. Det kommer tydelig frem at IFC-modellen ikke er tilrettelagt for mengdeuttak og kalkulasjon, til tross for at størrelsen på prosjektet samt kompleksiteten taler for. Det er lite heldig at kalkulasjonsavdelingen bruker tiden på oppgaver som å lete, og videre

til at den manglende detaljeringsgraden for RIB, gjør at underentreprenører i gitte situasjoner kan takke nei til å prise jobben. En ytterligere ulempe i rehabiliteringsprosjekter som bekreftes, er at de er avhengig av å kunne skille mellom eksisterende, rives, etter rivning, og nye konstruksjon, noe det ikke er tilrettelagt for i tilbudsunderlaget. I tillegg så påpekes det at modellen bærer preg av uferdighet og hastverk, videre tyder mye på at modellen ikke følger god modelleringspraksis. Her har ikke formålet til modellen vært annet enn å produsere 2D-tegninger med riktige mål, eller eventuelt visualisere. Noe intervjuobjektene bekrefter da de brukte modellen til å få oversikt over det store antallet plantegninger i tilbudsunderlaget og videre kontrollere mengdene for bruk av elementmetode, samt kontrollere mengden oppgitt av underentreprenør for enhetsprising.

Når man sammenlikner de tre casene, er det enkelte utfordringer som går igjen når det kommer til IFC-modellen som foreligger i tilbudsunderlaget. Intervjuobjektene påpeker at nytten av å anvende IFC-modellen ikke er like stor som den burde ha vært for kalkulatørene. På den ene siden har de kanskje for høye forventninger til modellen, for eksempel at de skal få mer tid til oppgaver som å forspørre underentreprenør. På den andre siden burde intensjonen fra byggherre være at IFC-modellen er tilrettelagt for tilbudsfasen ved at alle tilbyderne bruker tiden på kalkulasjon og ikke prosjektering. Det er rimelig å anta at kalkulasjonsavdelingen i større grad må tilrettelegge modellen selv, likevel bør det stilles krav om et minimum av god modelleringspraksis i tilbudsunderlaget fra kunden for at kalkulatørene ikke skal se det mer hensiktsmessige å bruke tradisjonelle metoder, som de er mer fortrolige med.

At intervjuobjektene legger stor vekt på at de må kunne stole på modellen, er en gjenganger i casene og blant intervjuobjektene, som også stemmer overens med utspillet til Hardin & McCool (2015) om at dersom ikke modellen er nøyaktig, så vil heller ikke kalkylen bli nøyaktig. Det er i tillegg åpenbart at man må kunne stole på den digitale dataen når informasjonen blir papirløs. I case 2 blir det påpekt at det blir nødvendig for underentreprenørene å bruke IFC-modellen, som erstatning til de mer tradisjonelle tegningene. Det uttrykkes at det er utfordrende for kalkulasjonsavdelingen dersom det kun foreligger en IFC-modell og de er avhengig av å få utarbeidet 2D-tegninger for å få underentreprenøren til å prise jobben.

Kvaliteten på IFC-modellen og hva den inneholder er varierende for casene, og resultatet i oppgaven gir ikke rom for å generalisere funnene, da casene er tids- og stedsavhengige. I samsvar med litteraturen mottar kalkulasjonsavdelingen for case 1, 2 og 3 en eller flere fagmodeller som tilsvarer illustrasjonen i figur 3.9. Hvordan IFC-modellen er utarbeidet i



tilbudsunderlaget til casestudiene, stemmer overens med at den enten er modellert fra 2D tegninger eller at 3D-modellen er brukt for å generere 2D-tegninger tilsvarende figur 3.10. Hvor mange forskjellige fagmodeller det foreligger avgjøres av tilbudsunderlaget. For rehabiliteringsprosjekter blir det understreket at det fortsatt er et behov for 2D-tegninger, og gjerne i en kombinasjon med 3D. Dette samsvarer med litteraturen hvor Hardin & McCool (2015) at flere foretrekker en hybridmodell mellom 2D og 3D i tilbudsunderlaget. Det stemmer godt overens med tilbudsfasen for rehabiliteringsprosjekter da de vil være avhengig av å vurdere og kontrollere eksisterende bærekonstruksjon fra tidligere arbeidstegninger.

### **5.3 På hvilken måte må tilbudsunderlaget tilrettelegges for å understøtte dette formålet?**

På den måten tilbudsunderlaget foreligger i dag hos Moderne Byggfornyelse, så er det mye som tyder på at det er behov for å tilrettelegge IFC-modellen før den kan anvendes. Det er klar tale fra flertallet av intervjuobjektene at det er nødvendig at det skal ta mindre tid å bruke 3D-modellen enn ved tradisjonelle metoder. En slik forutsetning samsvarer med potensialet til hvordan BIM kan understøtte tilbudsfasen hos entreprenør, som tidligere diskutert i delkapittel 5.1. Forbedringspotensialet for mengdeberegning har et stort potensial, og intervjuobjektene tror det vil være motiverende, men også gi byggherre et mer konkurransedyktig tilbud.

En av de store utfordringene er hvem skal tilrettelegge IFC-modellen for tilbudsfasen. De ansvarlige prosjekterende eller entreprenør selv, belyses av intervjuobjektene som de aktuelle aktørene som må stå for å tilrettelegge tilbudet. Det er liten tvil om at det er fornuftig at entreprenøren anvender IFC-modellen i kalkulasjonsprosessen for at det skal gå raskere og bli mer effektivt. Enkelte av intervjuobjektene er i tillegg overbevist om at byggherre i det lange løp vil tjene på at modellen tilrettelegges mest mulig før tilbudsfasen.

Det som taler for å tilrettelegge tilbudsunderlaget før tilbudsfasen i større grad i litteraturen, er at usikkerheten til prosjektet reduseres ved at man får tilgang på mer informasjon, noe som gjør at man kan ta beslutninger som sikrer tilstanden som ønskes realiseres (Eikeland, 1998; Samset, 2014). I tillegg vil ifølge Samset (2014) tilgangen til all relevant informasjon for prosjektet, føre til at det heller ikke foreligger usikkerhet, men at dårlig informasjon følger til stor usikkerhet. Feil i prosjekteringen medfører betydelige ekstrakostnader som strekker seg over flere av fasene i byggeprosessen, og for å unngå prosjekteringsfeil anbefales det styrking av kvalitetskontrollen hos de prosjekterende (Grimsmo, 2008). Eikeland (1998) understreker et viktig poeng med at det er mindre ressurskrevende å hindre feil, enn først å feile, for så å rette.

Det som taler imot å tilrettelegge tilbudsunderlaget i større grad før tilbudsfasen er i litteraturen belyst med at informasjonsgrunnlaget aldri blir perfekt uansett antallet ressurser som går til å prosjektere (Samset, 2014). I følge Eikeland (1998) så finnes det en grense for kvalitetssikringstiltakene, med tanke på at det vil koste mer enn det man kan spare, dermed må tiltakene optimaliseres opp mot kostnadene. Dersom kalkylen utarbeides av entreprenør i slutten av prosjekteringsprosessen så kan det føre til at prosjektet overstiger hva som er budsjettet hos byggherre, noe som kan medføre kvalitetskutt eller skrinlegging av prosjektet (Eastman et al., 2011).

Litteraturen er overførbar og gyldig for å understøtte en tilrettelegging av tilbudsunderlaget. Her samsvarer litteraturen som taler for, med kalkulasjonslederen som uttaler at entreprenøren ikke bør stå for prosjekteringen selv i tilbudsfasen og at dette bør tilrettelegges før tilbudsfasen (Eikeland, 1998; Grimsmo, 2008). Dette underbygges av et annet intervjuobjekt som ønsker å gjøre det man er best på, og det er å kalkulere og ikke prosjektere. En av intervjuobjektene påstår at byggherre er for snill mot rådgiverne, og understreker poenget med at når det først er utarbeidet en 3D-modell, bør byggherre stille krav til nytteverdien av IFC-modellen. Derfor er det en lite heldig utvikling dersom entreprenøren ikke får tilsendt modellen med tilbudsunderlaget, og i enkelte situasjoner at modellen kun blir brukt internt for å visualisere prosjektet for byggherren selv. Litteraturen er klar på hvorfor de prosjekterende ikke legger ved 3D-modellen i tilbudsunderlaget, for dersom det er kun 2D-tegninger som er fastsatt igjennom kontrakt ønsker ikke de prosjekterende å holdes ansvarlig for feil med modellen (Hardin & McCool, 2015). Dette ansvaret kan i ulike sammenhenger føre til kompliserte erstatningskrav, begrensede garantier og ansvarsfraskrivelser (Azhar et al., 2008; Smith, 2014).

Ut i fra intervjuobjektene er det bred enighet at det bør stilles krav til de ansvarlige prosjekterende som utarbeider tilbudsunderlaget. Her trekkes det frem at det er viktig at de følger god modelleringspraksis og best praksis prosjekter. Som presentert i delkapittel 3.8, fremhever tabell 3.6 en oversikt over krav fra byggherre eller entreprenør til de prosjekterende for å tilfredsstille deres behov med bruk av BIM. Litteraturen legger vekt på grunnleggende regler for god modelleringspraksis, samtlige av kravene går igjen i tabellen, men omtales også uavhengig av tilbudsfasen. Flere utgivere inkludert Statsbygg (2013) og Boligprodusentenes Forening (2012) fremhever krav om at BIM-modellen er tilrettelagt for mengdeuttak, logisk struktur og modellert, samt kvalitetskontroll. Videre understreker Norsk Standard (2015) om at god modelleringspraksis bedrer kvaliteten og øker effektiviteten i å anvende BIM.

Det er vesentlig hvordan mottakeren opplever tilbudsunderlaget, som åpner opp for en bredere forståelse av informasjonen. I den forbindelse påpekes det fra samtlige i kalkulasjonsavdelingen at helhetsforståelsen er viktig for å bedømme gjennomførbarheten, og tidlig fange opp potensielle feil som kan gi endringskostander. Konsekvensen understrekes ved at den gir dårlig gjennomførbarhet, som kan føre til økt tillegg og rundesummer i kalkylen, eller forbehold mot usikkerheter med tilbudsunderlaget.

For at IFC-modellen ikke skal være til hinder for å få helhetsforståelse, og være tilrettelagt for å gi kalkulatørene oversikt over hvilke fag som er nødvendig å forespørre underentreprenør om allerede fra start, er det viktig at de prosjekterende og kalkulatørene har felles forståelse av tilbudsunderlaget for tilbudsfasen. I den forbindelse etterlyser intervjuobjektene flere fagmodeller, og de spesielt etterlyser fagmodellene for RIB og ARK, kan det indikere at det enten er satt av for lite ressurser eller at det mangler et formål med modellen. Førstnevnte kan sees i sammenheng med informasjon og usikkerhet presentert i delkapittel 3.2.1 hvor Samset (2014) påpeker at forutsigbarheten øker ved at tilgangen på informasjon øker. For sistnevnte er ikke kun avhengig av å få angitt riktig formål, for modellens verdi defineres i at den blir i tillegg anvendt til formålet den ble tilrettelagt for (EBA, 2013). For at de prosjekterende og kalkulerende skal få samme forståelse av IFC-modellen og oppnå formålet så belyser BIM Forum (2016) at modellen må ha riktig geometri representasjon, krav og egenskaper til objektet som tilfredsstiller fase. Litteraturen legger vekt på at detaljeringsgraden av BIM-modellen må tydeliggjøres, og i den forbindelse er det viktig at detaljeringsgraden (LOD) defineres (BIM Forum, 2016; Hardin & McCool, 2015; Smith, 2016). Hardin & McCool (2015) påpeker at manglende detaljeringsgrad kan medføre et feil mengdeuttak som vil føre til feil i kalkylen. Et viktig poeng er å få standardisert den praktiske modelleringen for økt nytteverdi, men også å gi byggherre en standard å henviser til ved kontraktinngåelse (BIM Forum, 2016).

Hvordan modelleringen skal praktiseres er ifølge tabell 3.7, ikke omtalt i norske BIM manualer. Det er ingen av publikasjonene som stiller praktiske detaljeringskrav, som sikrer at innholdet til den tilrettelagte modellen for tilbudsfasen er sikker og pålitelig. Selv om litteraturen viser til at det er fornuftig å anvende LOD (BIM Forum, 2016; Hardin & McCool, 2015; Smith, 2016; Wood et al., 2014). For å få til dette kan en løsning være å adoptere LOD for å standardisere modelleringspraktiseringen og videre nå forventningene til alle aktører i tilbudsfasen, men også for alle fasene igjennom hele byggeprosessen til prosjektet.

At intervjuobjektene i kalkulasjonsavdelingen har større nytte av mål som bruttomål, breddemål, høydemål, dybdemål og volum når det kommer til mengdeuttak og mengdekontroll

taler for at IFC-modellen kan forenkles i forhold til hvilken kalkulasjonsmetode som anvendes, og i sammenheng med informasjonens kostnad og nytte presentert i delkapittel 3.2.2 hvor Samset (2014) illustrer med figur 3.4, så finnes det en grense for informasjon, og her er det viktig at informasjonsmengden er mest mulig relevant, og det skal være kvalitet fremfor kvantitet. For valg av kalkulasjonsmetode i forhold til anbefalt detaljeringsgrad belyser Wood et al. (2014) i tabell 3.8, hvilken detaljeringsgrad som kan brukes til anvendt kalkulasjonsmetode. Detaljeringsgraden LOD 200 viser at modellen kan brukes til elementmetoden basert på tilnærmet geometri og mengdeuttak, for volum og antall elementer. Videre belyses LOD 300 med eksakt geometri at modellen kan brukes til detaljkalkulasjon. Kalkulasjonsavdelingen forteller at de har et behov for at modellen inneholder informasjon om for eksempel veggoppbygningen, som kan være isolasjonstykkelse og antall lag med gips. Dette gjøres på grunn av at de innad i bedriften bruker elementmetoden for å prise fagene tømmer- og snekkerarbeider. Fagene de forespør sine underentreprenører om, etterspør intervjuobjektene eksakt geometri av mengder fordi de enten må oppgi mengder i sine tilbudsforespørsler til underentreprenør eller så må de tilføye og kontrollere mengde til oppgitt enhetspris fra underentreprenør. Sett i sammenheng med valg av kalkulasjonsmetode i delkapittel 3.3 og hvilken kalkulasjonsmetode som er anbefalt i henhold til detaljeringsgrad i delkapittel 3.6.3, så er det åpenbart at elementmetoden også kan brukes for en høyere detaljeringsgrad som LOD 300, da de trenger eksakt geometri for mengder til enhetspris. I den forbindelse vil man ifølge Holm (1990) ikke ta hensyn til mindre åpninger og døråpninger, noe som også samsvarer med hvilken informasjon intervjuobjektene etterspør av IFC-modellen.

For å bedre tilgangen til informasjon, redusere feil, øke gjenbrukbarheten av data og redusere dobbeltarbeid har den første norske BIM-standarden blitt utarbeidet (Norsk Standard, 2015). Standarden «NS 8360:2015 BIM-objekter» er et bidrag for å understøtte automatisk gjenkjenning ved at bygningsobjektene beskrivelse blir maskinlesbar. Denne maskinlesbare typekoden for bygningsobjekter som presentert i figur 3.16, illustrer objekttegenskapene for en veggoppbygning. Her får kalkulasjonsavdelingen den nødvendige informasjonen om bærende egenskaper og dimensjon, samt andre egenskaper som er nødvendig for å velge riktig element i kalkylen til kalkulasjonsprogrammet. Informasjonen er også et skritt nærmere og kobler objektene direkte til kalkulasjonsprogrammet, noe som tidligere er fremhevet som et av de store potensialene og fordelene til BIM, som frigjør ressurser til andre oppgaver enn å regne ut mengder.

God modelleringspraksis krever evne til å levere, videre hvordan det oppleves og tolkes av mottakerne. At intervjuobjektene gir uttrykk for at de ikke ønsker å ha et nivå av kompetanse som tilsvarer det å måtte være ekspert på IFC-klassifisering, og konkurrere mot et nivå av kompetanse som driver med daglig prosjektering og modellering i tillegg til at tilbudsfasen er tidsbegrenset, er åpenbart ikke løsningen for at kalkulasjonsavdelingen skal nå formålet om mer anvendelse av BIM i tilbudsfasen. Resultatet fra de kvalitative intervjuene påpeker likevel et behov for å tilrettelegge modellen selv i tilbudsfasen for kalkulasjonsavdelingen. Det krever derfor et nivå av kompetanse som gjør at man raskt og enkelt kan tilrettelegge og trimme modellen selv for hvert enkeltfag og gi underentreprenøren den nødvendige mengden de etterspør, og gjøre det mer attraktivt for dem å prise jobben.

#### **5.4 Hvordan kan entreprenøren selv tilrettelegge IFC-modellen for å nå formålet?**

Mye tyder på at IFC-modellen aldri blir perfekt, og at entreprenøren blir nødt til å tilrettelegge IFC-modellen i større eller mindre grad før modellen kan anvendes. Med utgangspunkt i at Moderne Byggfornyelse skal oppnå formålet om mer anvendelse av BIM i tilbudsfasen, må de være villig til å tilegne seg nødvendig kompetanse og programvare. I den forbindelse mener Eastman et al. (2011) at det er nødvending at kalkulatørene tilegner seg erfaring, og anbefaler å utføre testprosjekter for å bli komfortabel med å hente ut informasjon fra modellen. Videre anbefales det å starte enkelt, og begynne med manuelle prosesser som kan være å starte med å telle objekter i 3D-modellen ved hjelp av visualisering.

At tilbudsfasen hos Moderne Byggfornyelse ofte har en varighet for rehabiliteringsprosjekter fra 2 til 6 uker, kan gå utover å implementere BIM. I den forbindelse forklarer Eastman et al. (2011) at det er viktig å være klar over at å ta i bruk BIM vil ta lengre tid enn for tradisjonell metode, da det er en ny måte å tenke og arbeide på, det krever dessuten opplæring selv om det er enkelt å kjøpe og implementere BIM som programvare. Det påpekes midlertidig at entreprenøren kan være avhengig å gi et tilbud i løpet av kort tid og da kan den tradisjonelle kalkulasjonsprosessen ta for lang tid.

Det påstås at om entreprenøren mottar en BIM-modell fra de ansvarlige prosjekterende, så hevdes det at entreprenøren kan i gjennomsnitt gjenbruke 65 % av modellen (Hardin & McCool, 2015). Tilsynelatende så må entreprenøren utarbeide resterende prosentdel, men intervjuobjektene understreker at dette ikke er nødvendig å tilrettelegge modellen 100 % for mengdeuttak, i den sammenheng at det ikke er alle objekter som er like relevant å ha med i IFC-

modellen. Nytten er større i enkelte sammenhenger ved at det foreligger en mengdeliste over produkt med ønsket kvalitet, enn at objektet forekommer i IFC-modellen.

Om intervjuobjektene mottar en mangelfull IFC-modell, så er intervjuobjektene skeptiske til å ta i bruk modellen for mengdeuttak. I denne sammenheng innrømmer flere av intervjuobjektene at det da er mer aktuelt å bruke mer tradisjonelle metoder for mengdeberegning dersom informasjonen i IFC-modellen ikke er til å stole på. I forbindelse med å ikke anvende IFC-modellen som foreligger i tilbudsunderlaget, så opplyser en av intervjuobjektene at tradisjonelle metoder vil være mer lønnsomt enn å betale eksterne aktører for å tilrettelegge og hente ut mengder av modellen.

Utfordringen med å tilrettelegge modellen for mengdeuttak og kalkulasjon selv, er ifølge Eastman et al. (2011) at det ikke finnes et verktøy til BIM som kan fullverdig utføre kalkulasjonsprosessen på egenhånd. Det uttales at det finnes tre generelle metoder hvordan selve mengdeuttaket sammen med BIM utføres ved bruk av programvare. For Moderne Byggfornyelse vil det alternativet stå mellom å koble objektene i modellen direkte til en programvare for kalkulasjon, eller bruke en spesifikk programvare tilpasset for mengdeuttak som gjør at de ikke trenger å ha ekspertise i alle funksjonene av programvaren. Et hovedskille mellom metodene er hvordan informasjonen håndteres, om den håndteres manuelt, delvis eller automatisk.

Som tidligere diskutert så ønsker ikke Moderne Byggfornyelse å ha et nivå av kompetanse tilsvarende de som driver daglig med prosjektering og modellering. Derfor anbefales en programvare som er beregnet for mengdeuttak som det mest hensiktsmessige for kalkulasjonsavdelingen å anvende. Dette stemmer med Eastman et al. (2011) tanker om at man skal starte med et verktøy som er beregnet for mengdeuttak og heller supplere med flere programvarer etter hvert som man blir komfortabel. Det er likevel behov for kompetanse i bruk av programvaren og om egenskapene til IFC-objektene. Videre er det behov for kompetanse om hvordan kalkulasjonsavdelingen kan trimme, tilrettelegge og anvende IFC-modellen for seg selv og for sine underentreprenører. Som presentert i delkapittel 3.6.6 stiller EBA (2013) krav til IFC-objektene og videre at riktig informasjon om egenskapene til IFC-objektet gjør at man vet hvor man skal lete. I denne sammenheng stilles det krav til bærende eller ikke bærende element, navngivning, etasje, material og mer, som presentert i tabell 3.9. Fra intervjuobjektene stilles det ytterligere krav for rehabiliteringsprosjekter om at det er nødvendig at modellen skiller mellom eksisterende, rives, etter riving, og nye konstruksjoner. Samlet belyser kravene

en rekke tekniske utfordringer som er nødvendig for å løse før entreprenøren selv skal tilrettelegge IFC-modellen.

I sammenheng med at intervjuobjektene etterlyser tekniske løsninger som kan utføre mengdeuttak, trimme og tilrettelegge modellen så er det i delkapittel 3.7.1 og 3.7.2 presentert to programvarer som kan understøtte hvordan bedriften kan anvende og tilrettelegge IFC-modellen i tilbudsfasen. For å anvende IFC-modellen må modellen i første omgang være tilrettelagt for mengdeuttak, for da kan kalkulasjonsavdelingen bruke en programvare tilsvarende Solibri Model Checker (SMC) som presentert i tabell 3.10. Verktøyet gir kalkulasjonsavdelingen mulighet til å gruppere og skille like objekter i modellen som skal ha samme enhetspris i kalkylen, videre utføre kollisjonskontroll og kvalitetssikre designet til modellen (Solibri, 2014). Dersom det er behov for å tilrettelegge IFC-modellen før mengdeuttak, ved at det er behov for å trimme eller berike modellen med objekter så er tilsvarende programvare som Simplebim en annen løsning. Verktøyet åpner opp for å tilrettelegge IFC-modellen for mengdeuttak, uten at man trenger å vite noe om IFC-klassifisering (Datacubist, 2014a). Tabell 3.11 gir en oversikt over flere av funksjonene til verktøyet, og tilsvarende funksjonene til SMC i tabell 3.10, så er programvarene overlappende på de fleste bruksområder som når det kommer til å eksportere ut mengdene til Excel. Hovedskille mellom Simplebim og SMC er at førstnevnte verktøy har som illustrert i figur 3.19, mulighet til å tilrettelegge IFC-modellen, dersom kalkulasjonsavdelingen selv må stå for å tilrettelegge IFC-modellen før de kan anvende modellen til mengdeuttak for kalkulasjon.

For kalkulasjonsavdelingen som daglig jobber med rehabiliteringsprosjekter, så vil det være nødvendig å bruke en kombinasjon av 2D-tegninger og 3D-model, så lenge det eksisterende tegningsgrunnlaget er en del av tilbudsunderlaget, og de står ansvarlig for eventuelle feil eller mangler. Rollen til kalkulasjonsavdelingen hos bedriften i dag, er at de må tilrettelegge IFC-modellen i større eller mindre grad for å kunne benytte seg av den tilgjengelige informasjonen, noe som kan føre til at modellen droppes til fordel for tradisjonelle metoder, fordi tiden ikke strekker til. Intervjuobjektene ønsker en mer papirløs kalkulasjonsprosess og at den utvikler seg til å gå delvis eller bli helt automatisk. I denne sammenheng vil rollen til kalkulatørene endres, og de vil få ansvaret til å kontrollere mengdene istedenfor å utføre selv mengdeuttaket, da utvikling med automatisering og standardisering av IFC-modellen kan gjøre det til en realitet. For selv å koble IFC-objektene manuelt til kalkylen oppleves for tidkrevende og uoversiktlig til at det er aktuelt. Intervjuobjektene mener at det er utfordrende å ta steget videre og for at det skal bli en realitet, så er det nødvendig at kvaliteten på IFC-modellen i tilbudsunderlaget som

intervjuobjektene etterspør blir mer stabil. Det er også nødvendig som intervjuobjektene påpeker, at IFC-modellen forankres i kalkylen og at det skal være en lavere terskel for å ta i bruk BIM. Det er rimelig å anta at utviklingen i antall mottatte IFC-modeller vil fortsette, da fordelene er større enn ulempene i å implementere BIM som verktøy i kalkulasjonsprosessen, og at det kan være et fornuftig bidrag til å snu den negative utvikling i byggebransjen når det kommer til fallende produktivitet.



## 6 Konklusjon

Gjennomgående i denne masteroppgaven er at IFC-modellen bringer store fordeler for tilbudsfasen hos entreprenør, men den fører også med seg nye utfordringer. For når informasjonen blir papirløs, så er det kritisk å kunne stole på tilbudsunderlaget. I dag tyder mye på at nytten av å anvende IFC-modellen ikke er like stor som den burde være og at det ikke finnes en felles forståelse av hva man kan forvente av IFC-modellen. At kalkulatørene er skeptisk til å ta i bruk BIM er resultatet, så lenge man ikke kan stole på kvaliteten til IFC-modellen, noe som vil være en barriere for anvendelse av BIM i tilbudsfasen.

Det som gjør BIM unikt i tilbudsfasen er at 3D-modellen i tilbudsunderlaget fra kunde inneholder informasjon om objektene, noe de tradisjonelle 2D-tegningene ikke gjør. Denne nye dimensjonen av informasjonen kan understøtte kalkulasjonsprosessen hvis anvendt riktig. Informasjonen må da følge god modelleringspraksis for at kalkulatørene skal kunne stole på og anvende IFC-modellen, for å øke nytteverdien i forhold til mer tradisjonelle kalkulasjonsmetoder. For å sikre at modellen gir nytteverdi, anbefales det at byggherre fastsetter et formål med IFC-modellen som sikrer at de prosjekterende tar med rett informasjon, for å understøtte et mer effektivt og mindre ressurskrevende mengdeuttak i tilbudsfasen. Den ultimate fordelene med BIM vil være at kalkulatørens rolle går vekk i fra mengdeberegninger, og gjøre mer verdiskapende oppgaver, da BIM har potensialet til å gjøre mengdeuttaket automatisk.

Utfordringen med å anvende BIM hos Moderne Byggfornyelse kan være på grunn av mangel på god modelleringspraksis i tilbudsunderlagene og at de ikke kan stole på modellen. Dette kan ha sammenheng med at det ikke finnes en felles standardisert praksis for modellering, noe som en angitt detaljeringsgrad kunne ha gitt. Det er åpenbart at det kalkulasjonsavdelingen er best på er å kalkulere og ikke prosjektere. Likevel må bedriften i dag se seg nødt til å tilrettelegge IFC-modellen selv i varierende grad, for å nå formålet om mer anvendelse av BIM i tilbudsfasen. Dette er trolig ikke en løsning bedriften er tjent med da det for det første kreves kompetanse tilsvarende de ansvarlige prosjekterende. Sett i lys av oppgavens problemstilling bør tilbudsunderlaget tilrettelegges for å øke effektiviteten i tilbudsfasen med å gi rom for verdiskapende oppgaver, som er å finne alternative kostnadsbesparende tiltak for prosjektet. Det anbefales derfor å ta i bruk verktøy som er beregnet for mengdeuttak, noe som ikke krever ekspertise i IFC-klassifisering og kompetanse i spesifikke programvarer. For at bedriften selv kan tilrettelegge IFC-modellen før mengdeuttak, så eksisterer det programvarer som understøtter mer anvendelse, men muligheten vil være begrenset av tiden man har til rådighet.



## 7 Veien videre

*For muligheter til videre arbeid blir det her presentert temaer som kan bygge videre på tematikken i masteroppgaven.*

Problemstillingen kan studeres med en annen metode, siden tiden ikke strakk til for å gjennomføre en spørreundersøkelse, som kunne tatt for seg et større antall entreprenørbedrifter for å få en bredere belyst problemstilling. En slik datainnhenting kunne også ha blitt gjort med intervjuer, hvor problemstillingen også kunne ha blitt belyst fra andre synsvinkler enn fra entreprenør. Andre aktuelle for å belyse problemstillingen er byggherre og ansvarlig prosjekterende for utarbeidelse av IFC-modellen og tilbudsunderlaget.

Det finnes ikke en omforent definisjon av god modelleringspraksis, det er kun listet opp grunnleggende regler og prinsipper i litteraturen og i norsk standard. En mulig er å utarbeide en definisjon i hva god modelleringspraksis er og hva god modelleringspraksis er spesifikk for nybygg, rehabilitering, og andre typer prosjekter. Det samme gjelder detaljeringsgraden som ikke er praktisert i større grad in i norsk BIM manualer og utfordringen er hvordan detaljeringsgraden skal praktiseres for alle de ulike fagene.

Det er behov for å undersøke hvordan entreprenøren kan stole på mengdene som ligger til grunn i IFC-modellen. Dersom mengdeuttaket går automatisk så er det en utfordring for entreprenøren å kunne effektivt kvalitetssikre mengdene som hentes inn i kalkylen, uten å bruke mer tradisjonelle metoder som kan bidra til tap av informasjon og dobbelt arbeid. Dette kan videre diskuteres i sammenheng med ansvarsforholdet i en totalentreprise.

Det er interessant å også gjennomføre kvantitative undersøkelser som for eksempel en klokkestudie eller en frekvensstudie for tilbudsfasen til entreprenør. Her kan man undersøke forskjellen mellom å regne manuelt kontra automatisk med BIM eller undersøke hvor tid- og ressurskrevende mengdeuttak er for entreprenøren og underentreprenørene. Dette kan ses i sammenheng med antallet tilbudsforespørslers som sendes ut per prosjekt, da det sendes flere tilbudsforespørslers per fag, et prosjekt har betydelig antall fag, og det er flere som entreprenører som konkurrerer om å vinne jobben. Det er mye som tyder på en betydelig sløsing av ressurser når det kommer til å utføre mengdeuttak, da det er kun en entreprenør som får jobben og det samme gjelder for underentreprenørene som har priset faget.



## Referanser

- Aarseth, I. (2012): BIM håndbok - for modellbasert prosjektering, produksjon og drift, versjon 1.3. Tønsberg, Sykehuset i Vesfold.
- Autodesk (2007): *BIM and Cost Estimating*. [Internett]. Tilgjengelig fra: [http://images.autodesk.com/apac\\_grtrchina\\_main/files/aec\\_customer\\_story\\_en\\_v9.pdf](http://images.autodesk.com/apac_grtrchina_main/files/aec_customer_story_en_v9.pdf) [Hentet: 15.03.2017].
- Azhar, S. (2011): Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11, 241-252.
- Azhar, S., Hein, M. & Sketo, B. (2008): Building Information Modeling (BIM). Benefits, Risks and Challenges.
- Azhar, S., Khalfan, M. & Maqsood, T. (2012): Building information modeling (BIM): now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, The, 12, 15.
- Bane Nor (2017): Håndbok for digital planlegging, Rev007. Oslo, Bane Nor.
- Barlish, K. & Sullivan, K. (2012): How to measure the benefits of BIM — A case study approach. *Automation in Construction*, 24, 149-159.
- BIM Forum (2016): *Level of Development Specification*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://bimforum.org/lod/> [Hentet: 26.03.2017].
- Bloomberg, M. R., Burney, D. & Resnick, D. (2012): *BIM guidelines*. New York, NYC Department of Design+ Construction.
- Boligprodusentenes Forening (2012): *Boligprodusentenes BIM-manual versjon 2.0*. Oslo, Boligprodusentenes Forening.
- Brook, M. (2012): *Estimating and tendering for construction work*. Routledge.
- Bryde, D., Broquetas, M. & Volm, J. M. (2013): The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31, 971-980.
- Bråthen, K. (2015): Collaboration with BIM - Learning from the Front Runners in the Norwegian Industry. *Procedia Economics and Finance*, 21, 439-445.
- Buildingsmart (2011): *Ofte Stilte Spørsmål (OSS) - BIM og buildingSMART*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://buildingsmart.no/article320.html> [Hentet: 10.03.2017].
- Buildingsmart (2014): *buildingSMART Datamodell*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell> [Hentet: 10.03.2017].
- Buildingsmart (2015): *buildingSMART Prosess*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-prosess> [Hentet: 10.03.2017].
- Buildingsmart (2016): *buildingSMART Dataordbok*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-dataordbok> [Hentet: 10.03.2017].
- Byström, L. (2012): bSN prosess 4 - Bruk av BIM i kostnadskalkyle. Norge, buildingSMART.
- Chen, P.-H., Cui, L., Wan, C., Yang, Q., Ting, S. K. & Tiong, R. L. K. (2005): Implementation of IFC-based web server for collaborative building design between architects and structural engineers. *Automation in Construction*, 14, 115-128.
- Choi, J., Kim, H. & Kim, I. (2015): Open BIM-based quantity take-off system for schematic estimation of building frame in early design stage. *Journal of Computational Design and Engineering*, 2, 16-25.

- CRC (2009): *National guidelines for digital modelling*. Australia, Cooperative Research Centre for Construction Innovation.
- Czmoch, I. & Pękala, A. (2014): Traditional Design versus BIM Based Design. *Procedia Engineering*, 91, 210-215.
- Datacubist (2014a): *Benefits*. [Internett]. Finnland: SimpleBIM. Tilgjengelig fra: <http://www.datacubist.com/benefits/> [Hentet: 13.04.2017].
- Datacubist (2014b): *Features*. [Internett]. Finnland: SimpleBIM. Tilgjengelig fra: <http://www.datacubist.com/features/> [Hentet: 13.04.2017].
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. (2011): *BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Hoboken, Wiley.
- EBA (2013): *Ytelsesbeskrivelse for BIM-prosjekt, versjon 1.0*. Oslo, Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg.
- Eikeland, P. T. (1998): *Teoretisk analyse av byggeprosesser*. Trondheim, SiB.
- Fjellidal, T. & Moe, H. L. (2009): *Anbudsprosessen*. Trondheim, NTNU.
- Giel, B. K. & Issa, R. R. A. (2013): Return on Investment Analysis of Using Building Information Modeling in Construction. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 27, 511-521.
- Grimsmo, E. (2008): *Hvordan unngå prosjekteringsfeil*. Trondheim, Byggkostnadsprogrammet.
- Hardin, B. & Mccool, D. (2015): *BIM and Construction Management : Proven Tools, Methods, and Workflows*. Hoboken, Wiley.
- Hartmann, T., Gao, J., Fischer, M. & Hartmann, T. (2008): Areas of Application for 3D and 4D Models on Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 776-785.
- Haug, D. (2015): BIM for dummies. Hva er bygningsinformasjonsmodeller basert på åpne internasjonale standarder? Bør vi implementere serverteknologi parallelt? [Internett]. Tilgjengelig fra: [http://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/statsbygg\\_diderikhaug\\_bsn-hioa\\_2015-01-16\\_0.pdf](http://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/statsbygg_diderikhaug_bsn-hioa_2015-01-16_0.pdf) [Hentet: 11.02.2017].
- Hjelseth, E. (2013): *buildingSMART studentseminar @HIG+FI:13*. buildingSMART. Tilgjengelig fra: [http://www.ibim.no/hig-fi13/bSN\\_Eilif\\_Hjelseth\\_HIG-FI\\_2013-11-05.pdf](http://www.ibim.no/hig-fi13/bSN_Eilif_Hjelseth_HIG-FI_2013-11-05.pdf) [Hentet: 20.02.2017].
- Holm, F. H. (1990): *Byggeøkonomi*. Oslo, Universitetsforlaget.
- Holm, L., Schaufelberger, J. E., Griffin, D. & Cole, T. (2005): *Construction cost estimating : process and practices*. Upper Saddle River, N.J, Pearson/Prentice Hall.
- Jespersen, J. M. (2008): *Det Digitale Byggeri - Implementeringsnettverket*. [Internett]. Tilgjengelig fra: [http://www.hfb.dk/fileadmin/templates/hfb/dokumenter/artikler/Det\\_digitale\\_byggeri.pdf](http://www.hfb.dk/fileadmin/templates/hfb/dokumenter/artikler/Det_digitale_byggeri.pdf) [Hentet: 05.03.2017].
- Kokslie, H. (2015): *Byggevarerhandelens rolle i dagens og fremtidens BIM-modeller*. Gjøvik, Verdikjede AS.
- Larsen, A. K. (2016): *En enklere metode: veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode*. Bergen, Fagbokforlaget.
- Meld. St. 28 2011-2012 Gode bygg for eit betre samfunn - Ein framtidretta bygningspolitikk. Oslo, Kommunal- og regionaldepartement.

- Norsk Standard (2015): NS 8360. BIM-objekter - Navngivning, typekoding og egenskaper for BIM-objekter og objektbiblioteker for byggverk. Norges Standardiseringsforbund.
- Olsson, N. (2015): *Praktisk rapportskrivning*. Bergen, Fagbokforlaget.
- Potts, K. F. & Ankrah, N. (2013): *Construction cost management : learning from case studies*. Milton Park, Abingdon, Oxon, Routledge.
- Rattsø, J. (2015): Produktivitet - grunnlag for vekst og velferd : Produktivitetskommisjonens første rapport : utredning fra et utvalg oppnevnt av regjeringen Solberg 7. februar 2014 : avgitt til Finansdepartementet 10. februar 2015. Oslo, Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon, Informasjonsforvaltning.
- Read, P., Vandezande, J. & Krygiel, E. (2012): *Mastering Autodesk Revit Architecture 2013*. New York, Wiley.
- Rienecker, L. & Jørgensen, P. S. (2013): Den gode oppgaven: håndbok i oppgaveskriving på universitet og høyskole. Fagbokforlaget.
- Rundell, R. (2006): *1-2-3 Revit: BIM and Cost Estimating*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://www.cadalyst.com/cad/building-design/1-2-3-revit-bim-and-cost-estimating-part-1-3350> [Hentet: 16.02.2017].
- Samset, K. (2014): Prosjekt i tidligfasen : valg av konsept. Bergen, Fagbokforlag.
- Seng, L. C. (2012): *Singapore BIM guide*. Singapore, Building and Construction Authority.
- Smith, D. K. & Tardiff, M. (2009): *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*. Hoboken, NJ, USA, Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Smith, J., Jaggar, D., Love, P. E. D. & Olatunji, O. A. 2016. *Building cost planning for the design team*. 3rd ed. ed. London: Routledge.
- Smith, P. (2014): BIM Implementation – Global Strategies. *Procedia Engineering*, 85, 482-492.
- Smith, P. (2016): Project Cost Management with 5D BIM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 226, 193-200.
- Solibri (2014): *Getting Started v9.5*. Finland, Solibri.
- Statens Vegvesen (2016): *Modellgrunnlag – Krav til grunnlagsdata og modeller Versjon 2.1*. Oslo, Statens Vegvesen.
- Statsbygg (2013): *BIM Manual 1.2.1*. Oslo, Statsbygg.
- Uddin, M. M. & Khanzode, A. R. (2013): Examples of How Building Information Modeling can enhance career paths in construction. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 19, 95-102.
- Viko (2010): *Kildekritikk*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://www.ntnu.no/viko/kildekritikk> [Hentet: 27.01.2017].
- Watt, S. (2007): Challenges in estimating costs using building information modeling. *AACE International Transactions*, IT11.
- Westgaard, H., Arge, K. & Moe, K. (2010): *Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse : rapport til Byggekostnadsprogrammet, januar 2010*. Oslo, Arkitektbedriftene.
- Wirstad, S. (2014): *Prosjekteringsveileder BIM, Versjon 3-1*. Oslo, Forsvarsbygg.
- Wood, J., Panuwatwanich, K. & Doh, J.-H. (2014): Using LOD in Structural Cost Estimation during Building Design Stage: Pilot Study. *Procedia Engineering*, 85, 543-552.





## VEDLEGG A - Intervjuguide

### INTERVJUGUIDE

#### *BIM i tilbudsfasen – Tilretteleggelse for en effektiv kalkulasjon*

#### **Introduksjon**

Denne masteroppgaven er skrevet i emnet Prosjektledelse, masteroppgave med TBA4910 som emnekode ved Instituttet for bygg, anlegg og transport ved Norges teknisknaturvitenskapelige universitet i Trondheim. Masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng.

#### **Problemstilling:**

*«Hvordan bør tilbudsunderlaget tilrettelegges, med formål om mer anvendelse av BIM i tilbudsfasen hos entreprenør?»*

#### **Forskningsspørsmål:**

- 1) Hvordan kan BIM understøtte tilbudsfasen hos entreprenør?*
- 2) Hvordan er tilbudsunderlaget i dag tilrettelagt for formålet?*
- 3) På hvilken måte må tilbudsunderlaget tilrettelegges for å understøtte dette formålet?*
- 4) Hvordan kan entreprenøren selv tilrettelegge IFC-modellen for å nå formålet?*

#### **Formål**

Moderne Byggfornyelse opplever i dag en økende trend i mindre og større prosjekter at IFC-modellen blir lagt ved i tilbudsunderlaget fra byggherre. Tiden kalkulasjonsavdelingen har per tilbud, er begrenset og varierer fra to til seks uker. Det er derfor viktig å se løsninger og konsekvenser raskt. BIM ses på av bedriften som et verktøy som kan øke effektiviteten i tilbudsfasen, men implementeringen har ikke kommet så langt som ønsket. Det er ønskelig å utnytte all tilgjengelig informasjon i tilbudsunderlaget som kan understøtte kalkulasjonsprosessen. De ønsker derfor å kartlegge hvordan tilbudsunderlaget må tilrettelegges, med formål om mer anvendelse av BIM i kalkulasjonsprosessen for å understøtte oppgaver som mengdeuttak og kalkulasjon. Med dette er det behov for bedriften å se på hvem som skal tilrettelegge tilbudsunderlaget, spesifikk IFC-modellen og hva kreves det av kompetanse og programvare for å følge utviklingen i tilbudsfasen.

## Metode

Denne intervjuguiden er en veiledning for å bearbeide og presentere resultater fra intervjuer. Intervjuguiden er delt inn etter forskningsspørsmålene. Noen av spørsmålene er rettet mot spesifikke roller og tilhørighet til case. Spørsmålene er kun en veiledning for intervjuet og det oppfordres til å ta opp temaer som er tilknyttet problemstillingen og forskningsspørsmål.

### Spørsmål 0 - Generelt

- a. Om Moderne Byggfornyelse
- b. Bakgrunn og tidligere arbeidserfaring?

### Spørsmål 1 - Tilbudsfasen

*Hvordan kan BIM understøtte tilbudsfasen hos entreprenør*

- a. Beskriv i grove trekk hvordan kalkulasjonsavdelingen jobber med å regne tilbudspørsmål fra byggherre?
- b. Hvilke påvirkningsmuligheter har en entreprenør i kalkulasjonsprosessen?
- c. Hvilken entreprisform tror du har størst nytteverdi ved bruken av BIM?
- d. Hvilke potensial har BIM til å understøtte tilbudsfasen?
- e. Hvilke områder av tilbudsfasen kan bli nedprioritert?

### Spørsmål 2 - Tilbudsunderlaget

*Hvordan er tilbudsunderlaget i dag tilrettelagt for formålet?*

- a. Hva kjennetegner et godt tilbudsunderlag?
  - i. Tilbudsunderlag
  - ii. Informasjonsflyt
  - iii. Visualisering
  - iv. Mengdeuttak
  - v. Kalkulasjon
- b. Oppfølgingsspørsmål til Case (1-3):
  - i. Tilbudsunderlaget?
  - ii. Informasjonsflyt?
  - iii. Visualisering?
  - iv. Mengdeuttak?
  - v. Kalkulasjon?

### **Spørsmål 3 - Krav til tilretteleggingen**

*På hvilken måte må tilbudsunderlaget tilrettelegges for å understøtte dette formålet?*

- a. Hva burde formålet til modellen være i tilbudsunderlaget?
- b. Hvem skal tilrettelegge modellen for formålet?
- c. Hvilke krav bør byggherre stille til tilretteleggingen av tilbudsunderlaget?
- d. Hvilke nivå av anvendelse må modellen ha?
  - i. Tilbudsunderlag
  - ii. Informasjonsflyt
  - iii. Visualisering
  - iv. Mengdeuttak
  - v. Kalkulasjon
- e. Hvilke nivå av kompetanse må entreprenør og underentreprenør ha?

### **Spørsmål 4 - Tilrettelegge for kalkulasjon**

*Hvordan kan entreprenøren selv tilrettelegge IFC-modellen for å nå formålet?*

- a. Hvilke fordeler og ulemper er det å tilrettelegge modellen selv for ønsket formål?
- b. Er det aktuelt å tilrettelegge en IFC-modellen som er mangelfull?
- c. Hvilke fag er det aktuelt å tilrettelegge for?
- d. Hvilke tekniske løsninger er det behov for å løse for å nå formålet?
- e. Hva må Moderne Byggfornyelse jobbe videre med for å nå formålet?

### **Spørsmål 5 - Avslutning**

- a. Er det noen temaer du mener ikke er dekket som kan være interessant for å belyse problemstillingen?



