



OsloMet – storbyuniversitetet

Institutt for Bygg- og energiteknikk – Energi og miljø i bygg

Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo

Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

GRUPPE NR. 14

TILGJENGELIGHET: Åpen

Telefon: 67 23 50 00

www.oslomet.no

MASTEROPPGAVE

MASTEROPPGAVENS TITTEL BIM-basert samhandling og modellbasert produksjon i fremtidens byggeprosjekter	DATO 22.05.2018
	ANTALL SIDER / ANTALL VEDLEGG 53/3
FORFATTER Magnus Wille Nilsbakken	VEILEDER Eilif Hjelseth Stian Ingvaldsen

UTFØRT I SAMMARBEID MED Erichsen & Horgen	KONTAKTPERSON Stian Ingvaldsen
--	-----------------------------------

<p>SAMMENDRAG</p> <p>For å prosjektere, bygge og drifte et bygg skal mange fag jobbe sammen med samme informasjon. Ved konvensjonelle prosesser utveksles informasjon på papir, dette kan skape misforståelser og feil og være en hindring for godt samarbeid. I alle konvensjonelle prosjekter gjøres det kostbare feil på grunn av dårlig koordinasjon mellom fagene.</p> <p>Når det kommer til BAE-næringen og produktivitet er det gjort ulike produktivitetmålinger som viser at byggenæringen har hatt en negativ utvikling de siste ti-femten årene. BIM-basert, tegningsløs byggeplassen kan være en utvei for den negative utviklingen.</p> <p>Hensikten med oppgaven er å undersøke om nye metoder for samhandling i BIM har en positiv effekt og hva som må til for å gå over til en fremtidig byggeplass uten bruk av tegninger men med modellbasert 3D-underlag for produksjon.</p> <p>Resultatene viser at samlokalisering i prosjekter har ført til økt produktivitet. Tid som ellers ville gått med til tegningsproduksjon blir brukt til å heve kvalitetsnivået i modellen med omfattende kollisjonskontroller og koordinering mellom fag, samt tilpasse egne modeller som underlag for produksjon. Dette har ført til reduksjon i antall revisjoner og omgjøringsarbeider på byggeplassen.</p> <p>Resultatene viser også at det er vesentlig med godt samarbeid mellom alle aktører i prosjektet for å lykkes med tegningsløs produksjon. Det er viktig at alle aktører samles på et så tidlig fase av prosjektet som mulig der alle aktører kan legge premisser i modellen.</p> <p>Resultatene viser at det må brukes mer tid til BIM før produksjonen starter. En gjennomarbeidet og koordinert modell, strukturert og tilpasset for bygging med utførte analyser for byggbarhet og modellkontroll fra alle aktører er vesentlig for et godt nok detaljnivå før produksjonen starter.</p> <p>Utvikling av programvare og verktøy spesifikt og tilpasset produksjonen på byggeplassen er viktig for implementeringen av BIM i produksjon. Det finnes ingen gode verktøy i dag som er spesialisert for bruk som underlag for produksjon, og som erstatning for tegninger.</p>
--

3 STIKKORD
BIM
Modellbasert produksjon
Samhandling

Prosjektbeskrivelse

Sett i perspektiv med SSB sin statistikk for de siste årene så har produktiviteten generelt i byggebransjen gått ned (Langlo et al., 2013). Denne oppgaven blir derfor å se om utstrakt bruk av BIM i alle prosjektets faser kan være med på å gjøre bransjen mer effektiv og samtidig redusere kostnader. Det må også vurderes hvor denne påvirkningen skal komme fra, for best mulig endring. Byggebransjen er kjent for å være konservativ og lite villig til endring. Ettersom BIM hovedsakelig har hatt størst gjennomslag i en detaljprosjekteringsfase vil denne oppgaven hovedsakelig fokusere på å implementere BIM og bruk av digitale verktøy i byggefasen. Masteroppgavens problemstilling skal være relevant for byggebransjen.

Problemstilling

Hovedproblemstillingen for oppgaven er som følger:

- Hva må til for å gå over til modellbasert byggeplass uten tegninger men med 3D-modell som underlag for produksjon?

Forskningsspørsmål

For å svare på denne problemstillingen best mulig er det også utarbeidet noen forskningsspørsmål:

- Hvordan brukes BIM på byggeplass i dag?
- Hvordan kan implementering av BIM utføres på byggeplass for å gå over til 3D-modeller som grunnlag?
- Har entreprisform og samlokalisering av prosjektet noe å si for utviklingen og bruk av BIM hos entreprenører?

Hovedmål

Hovedmålene med oppgaven er:

- Gi svar på hvordan byggenæringen kan implementere BIM i alle faser, for alle fag, slik at fremtidens byggeplasser blir digitale og papirløse.
- Kartlegge i hvilken grad BIM brukes i konstruksjon i dag.

Delmål

Oppgavens delmål blir å:

- Kartlegge bruk av BIM i konstruksjonsfase ved litteraturstudium.

- Kartlegge hva som blir gjort av forskning og pilotprosjekter på området.
- Innhente informasjon fra prosjekter og bransjen, og sammenligne med litteratur og forskning.

Forutsetninger, risiko, hindringer

For gjennomføringen av oppgaven er det viktig å kartlegge annen forskning på området. Da det er gjort lite forskning som involverer bruk av BIM i konstruksjonsfase av byggeprosjekter og bruk av digitale verktøy på byggeplassen stilles det forutsetning til at den forskningen som er gjort kan ha relevans for denne oppgaven uten å styre oppgaven i en retning. Da digital utvikling og programvareutvikling går fort, samt pilotprosjekter er gjennomført i økende grad, er det usikkert om det finnes ny og oppdatert forskning på området.

For å gjennomføre et relevant case-studie forutsettes det at det finnes prosjekter som gir tilgang på god dokumentasjon og relevante data som gir oppgaven mulighet til å svare på problemstillingen, hovedmål og intervjuobjekter som ønsker å stille opp.


Forord

Denne masteroppgaven er gjennomført våren 2018 ved OsloMet fakultetet for teknologi, kunst og design. Oppgaven inngår som en avsluttende del av studiet Energi og Miljø i Bygg og legger karaktergrunnlag i faget *MAEN5900 – Masteroppgave*, som gir 30 studiepoeng.

Temaet ble valgt etter egen interesse for BIM og ønske fra Erichsen & Horgen. Jeg tror BIM er fremtiden i norsk og internasjonal byggebransje og kommer til å løse mange av de utfordringene som byggebransjen har. BIM kommer til å utvikle helt nye metoder for bygging, samhandling og kommunikasjon. Jeg tror denne oppgaven gir meg et større innblikk i den utviklingen bransjen står ovenfor.

Jeg vil gjerne takke alle som har bidratt til veiledning i oppgaven. Først vil jeg takke min veileder hos fakultetet, Eilif Hjelseth, for gode innspill og tilbakemeldinger. Jeg vil takke min veileder hos Erichsen & Horgen, Stian Ingvaldsen, for veiledning og ukentlige møter med god oppfølging. Til slutt vil jeg takke alle som har latt seg intervju for deres bidrag til oppgaven.

22. mai 2018



Magnus Nilsbakken

Sammendrag

For å prosjektere, bygge og drifte et bygg skal mange fag jobbe sammen med samme informasjon. Ved konvensjonelle prosesser utveksles informasjon på papir, dette kan skape misforståelser og feil, og kan være en hindring for godt samarbeid. I alle konvensjonelle prosjekter gjøres det kostbare feil på grunn av dårlig koordinasjon mellom fagene, og ofte overskrides både fremdriftsplan og budsjett på grunn av dette.

Når det kommer til BAE-næringen og produktivitet er det gjort ulike produktivitetmålinger som viser at byggenæringen har hatt en negativ utvikling de siste ti-femten årene. Et problemnotat utviklet av Sintef kommer på bakgrunn av den negative utviklingen med en erkjennelse om at potensiale for forbedringer og innovasjoner i norsk BAE-næring er stort.

BIM-basert, tegningsløs byggeplass kan være en utvei for den negative utviklingen i produktivitet, men det krever at alle aktører i byggeprosjektet ser fordelene med BIM og det må implementeres på et høyere nivå, hvis man skal snu trenden.

Byggebransjen er kjent for å være konservativ og lite villig til endring. Ettersom BIM hovedsakelig har hatt størst gjennomslag i detaljprosjekteringsfasen, vil denne oppgaven fokusere på implementeringen av BIM og bruk av digitale verktøy i byggefase.

Hensikten med oppgaven blir å undersøke om nye metoder for samhandling i BIM har en positiv effekt og hva som må til for å gå over til en fremtidig byggeplass uten bruk av tegninger, men med modellbasert 3D-underlag for produksjon.

Opgaven tar utgangspunkt i case-studier fra pågående prosjekter i Norge uten bruk av 2D-tegninger, men modell som arbeidsunderlag for produksjon og prosjekter med høytstående ambisjoner til bruk av BIM og samhandling. Prosjektene som inngår i studien er Smibelg og Storåvatn kraftverk, Vamma kraftverk, Nedre Otta Kraftverk og Tønsbergprosjektet. De tre først nevnte, er prosjekter som bruker 3D-underlag for produksjon og er blant de første i Europa til å bli gjennomført uten tegningsproduksjon. Tønsbergprosjektet er valgt på bakgrunn av høye ambisjoner til BIM og bruk av modellen i alle faser. Prosjektet er også det første til å bruke IPD – integrated project delivery, en entreprisform som oppfordrer til nytenkning og bruk av ny teknologi for å finne gode løsninger i fellesskap orientert rundt BIM. Tønsbergprosjektet danner grunnlaget for resultatene fra de intervjuene som er gjort i oppgaven.

Resultatene viser at samlokalisering i prosjektene og korte veier for direkte kommunikasjon, også gjennom BIM, mellom ulike aktører har ført til økt produktivitet. Tid som ellers ville gått med til tegningsproduksjon er brukt til å heve kvalitetsnivået i modellen med omfattende kollisjonskontroller og koordinering mellom fag, samt tilpasse egne modeller til de ulike fagområdene som underlag for produksjon. Dette har ført til reduksjon i antall revisjoner og omgjøringsarbeider på byggeplassen. Risikoen for feilkilder ved omgjøring fra 3D til 2D og administrasjon av tegninger er redusert.

Samlokalisering er en vesentlig del av IPD og ideen er at alle aktører i prosjektet skal få større eierskap og ansvar for sluttproduktet. Resultatene viser at IPD fører til åpen kommunikasjon med raske og effektive løsninger på problemer.

Felles for prosjektene er at de bruker BIM-kiosker og nettbrett for utveksling av informasjon og grunnlag for produksjon på byggeplassen. Visualiseringen gir et større overblikk over det ferdige resultatet og fører til økt samhandling ute på byggeplassen.

Resultatene viser også at det er vesentlig med godt samarbeid mellom alle aktører i prosjektet for å lykkes med tegningløs produksjon. Det er viktig at alle aktører samles i en så tidlig fase av prosjektet som mulig der alle aktører kan legge premisser i modellen. En overgang til en modellbasert produksjon krever endringer i rutiner og arbeidsmåter hos både entreprenør og rådgiver, og det er viktig at det brukes tid til innarbeidelse av nye prosesser.

Resultater viser at det må brukes mer tid til BIM *før* produksjonen starter. En gjennomarbeidet og koordinert modell, strukturert og tilpasset for bygging med utførte analyser for byggbarhet og modellkontroll fra alle aktører er vesentlig for et godt nok detaljnivå før produksjonen starter. Dette resulterer i en kortere byggeperiode med mindre omgjøringsarbeider og omprosjekteringer, som er tidkrevende og kostbart i dagens prosjekter. Tidsbruk som ellers vil gå med på tegningsproduksjon kan brukes til å heve kvaliteten på modellen.

Utvikling av programvare og verktøy spesifikt og tilpasset produksjonen på byggeplassen er viktig for implementeringen av BIM i produksjon. Det finnes ingen gode verktøy i dag som er spesialisert for bruk som underlag for produksjon, tilpasset byggeplassens mange aktører, og som erstatning for tegninger.

Ordliste

ARK	<i>Arkitekt</i>
RI	<i>Rådgivende ingeniør</i>
BH	<i>Byggherre</i>
TE	<i>Totalentreprenør</i>
TUE	<i>Totalunderentreprenør</i>
BAS	<i>Person som fungerer som leder for et arbeidslag på byggeplassen og koordinerer arbeidsfordelingen</i>
BIM	<i>Bygningsinformasjonsmodell(ering)</i>
LOD	<i>Level of development</i>
IPD	<i>Integrated project delivery (samspillsentreprise)</i>
KS	<i>Kvalitetssikring</i>
BA	<i>Bygg og anlegg</i>
BAE	<i>Bygg, anlegg og eiendom</i>
TEK	<i>Teknisk forskrift</i>
FDV	<i>Forvaltning, drift og vedlikehold</i>
VR	<i>Virtual reality</i>

Innhold

Innledning.....	1
BIM.....	1
åpenBIM	1
BIM i byggefase	3
Metodebeskrivelse.....	5
Forskningsdesign.....	5
Forskningsmetode.....	6
Forskningstilnærming.....	6
Case-studie.....	7
Intervjuer	8
Litteraturstudie.....	8
Validitet	9
Reliabilitet	9
Rapportens oppbygning.....	9
Grunnlag.....	11
Produktivitet	11
Verdiskapning i byggeprosessen	11
Entreprenøren	12
Kontraktsformer og entrepriser.....	12
Samspillsentrepriser	13
IPD – Integrated project delivery.....	13
Digitaliseringen av byggebransjen	14
BIM	14
Utfordringer med prosjektering	16
BIM på byggeplassen.....	16
Forutsetninger for bruk av BIM.....	17

LOD	17
Objektstatus.....	18
Modenhetsindeks	19
Interoperabilitet.....	19
Bruksområder for BIM	20
Kvalitetssikring av arbeidsunderlag ved modellbasert bygging	24
BIM globalt.....	24
Informasjonsmobilitet	26
Case-studier	28
Tegningsløse prosjekter	28
Smibelg og Storåvatn kraftverk	28
Nedre Otta Kraftverk	30
Vamma Kraftverk	31
Tønsbergprosjektet	32
Intervjuer	33
Bruk av BIM på byggeplassen.....	33
Kun 3D modell som arbeidsunderlag	36
Hvordan kan modellen tilpasses ulike aktører.....	39
BIM i produksjonen om fem år	40
IPD.....	41
Diskusjon.....	43
Produktivitet	43
Byggeprosessen	44
Kontraktsform og entrepriser	45
IPD.....	45
Samlokalisering	46
BIM på byggeplassen	46

Forutsetninger for bruk av BIM på byggeplass	47
Veien videre	49
Referanser.....	50
Vedlegg 1 – Intervjuguide (semistrukturert)	i
Vedlegg 2 - Prosjektnedbrytningsstruktur.....	ii
Vedlegg 3 - Tidsplan	iii

Figurliste

Figur 1 - Forskningsdesign (Sander, 2017b).....	5
Figur 2 – Induktive og deduktive studier (Sander, 2017c).....	6
Figur 3 – Case-studie (Sander, 2017a).	7
Figur 4 – Visualisering av BIM som konsept (Azhar et al., 2015).	15
Figur 5 – Level of Development ("practical BIM," 2013).	18
Figur 6 – eksempel på en modellmodenhetsindeks (Selvær, 2017).	19
Figur 7 – Entreprenørers rangering av fordeler ved bruk av BIM under konstruksjonsfase (McGraw Hill Construction, 2013a).	25
Figur 8 – Fordelene ved økt informasjonsmobilitet (McGraw Hill Construction, 2013b).	26
Figur 9 – Bruk av tid for BIM og tegninger under detaljprosjektering (Kensek, 2014).	43

Tabelliste

Tabell 1 - Oversikt over intervjuobjekter	8
Tabell 2 – Objektstatus (Budarina, 2017).	29

Innledning

BIM

Byggenæringen er delt opp i mange fag. For å prosjektere, bygge og drifte et bygg skal mange fag jobbe sammen med samme informasjon. Ved konvensjonelle prosesser utveksles informasjon på papir, det skaper mange misforståelser og feil og er en hindring for godt samarbeid. I alle konvensjonelle prosjekter gjøres det kostbare feil på grunn av dårlig koordinasjon mellom fagene, ofte overskrides både fremdriftsplan og budsjett. Ved å samle og utveksle all informasjon på ett åpent format kan alle aktører jobbe effektivt sammen. En bygningsinformasjonsmodell, BIM, er en digital modell av bygget. Hvert bygningsobjekt er representert med tilsvarende digitalt objekt i BIMen. Bygningsinformasjonsmodellen utveksles mellom prosjektets aktører på det åpne formatet IFC og all informasjon om de digitale objekter er standardisert med buildingSMART dataordbok. Alle prosjektets aktører har tilgang til nødvendig informasjon når de trenger den slik at de kan jobbe effektivt (buildingSMART).

åpenBIM

De aller feste byggverk av en viss størrelse prosjekteres i vår tid digitalt. Ved å benytte åpenBIM som transaksjonsformat for alle de ulike programmene, formatene og plattformene den enkelte aktør måtte foretrekke å benytte, sikrer man seg en konsistent, helhetlig og nøyaktig digital modell som utvikler seg gjennom alle faser av byggingen - en modell som kan «leses» av alle, som alle kan høste informasjon fra, som gir mening og effektiviserer arbeidet for alle involverte på tvers av faser og fagbarrierer.

I fremtiden vil alle byggverk ha en «digital tvilling» som på en presis måte uttrykker hva det består av ned til den minste bestanddel.

åpenBIM er ikke bare nøkkelen til mer effektiv og nøyaktig samhandling i enhver byggeprosess, åpenBIM er også et solid fundament for etterrettelig og mer hensiktsmessig drift og vedlikehold av bygg, veier, jernbane og tilhørende infrastruktur.

åpenBIM vil dessuten være kompatibelt med verktøy og prosesser som ennå ikke har sett dagens lys, rett og slett fordi det er et åpent og fritt format som kan benyttes av alle.

Statsbygg, Forsvarsbygg, Sykehusbygg og Nye Veier er landets største byggherrer. Byggherrer som ønsker å bygge smart i alle sammenhenger. At de store norske byggherrene har satt bruk av åpenBIM som den ene gjeldende standarden, har lagt lista for en samlet norsk bygge-, anleggs- og eiendomsnæring.

Når alle aktører jobber med samme informasjon i én modell kan feil reduseres og samspillet mellom de ulike fagBIMene benyttes til automatisert kvalitetskontroll, ulike simuleringer, kontroll av ulike krav i henhold til gjeldende regelverk og testing av energiforbruk, i tillegg til alle de mulighetene som vil komme med innovasjon og videreutvikling.

Det ligger med andre ord et potensial i utviklingen av åpenBIM. Ikke bare effektiviserer teknologien prosesser før, under og etter byggingen, men åpenBIM gjør det mulig å utføre alle oppgaver med høyere presisjon. Effektive prosesser og høy presisjon vil gi bedre bygg.

Mest nytte av teknologi får man som regel dersom det settes krav til bruk av åpenBIM allerede i spesifikasjonene fra byggherre. I en «kravBIM» formuleres og digitaliseres da byggets ulike funksjoner, rom og geometri. Denne kravBIMen danner grunnlaget for forprosjektet.

Arkitekten importerer byggets kravBIM og ønskede funksjoner i sitt spesialiserte CAD-program for å lage en «løsningsBIM.» For å ivareta byggherrens krav og det prosjekterte, sammenlignes kravBIMen og løsningsBIMen fortløpende. Når arkitekten er ferdig og modellen er kvalitetssikret i henhold til byggherrens krav, «oversettes» dataene fra CAD-verktøyet tilbake til åpenBIM, lagres i en fellesmodell og gjøres tilgjengelig for entreprenøren. Entreprenøren har nå verktøy for å planlegge jobben og ha kontroll på prosjektet gjennom hele planleggings- og byggefasen.

Etter hvert som selve bygningen skrider fram, stykkes BIMen opp i mindre modeller som det enkelte fag og underentreprenører kan forholde seg til som dynamisk, detaljert og digitalt arbeidsunderlag. Hvert fag melder fortløpende inn feil, mangler og avvik til den sentrale fellesmodellen, og rapporterer inn hvilke komponenter som faktisk ble brukt og jobben som er gjort.

På denne måten vokser det sakte men sikkert fram en «som-bygget-BIM.» Når bygget er klart til å tas i bruk er dette blitt en komplett «digital tvilling» av det fysiske bygget. Som-bygget-BIMen utgjør stadig oftere grunnlaget for overleveringsdokumentasjonen fra entreprenør til byggherre (buildingSMART).

Det er gjort en rekke studier når det kommer til BIM og implementering og bruk av bygningsinformasjonsmodellering og modeller. De aller fleste av disse studiene fokuserer på bruk innen bygningsdesign og planlegging (prosjekteringsfase). Det er få studier som har sett på bruk av BIM under konstruksjonsfasen og bruk av BIM og digitale verktøy ute på byggeplassen. I dagens situasjon i byggenæringen blir BIM først og fremst brukt under prosjektets utviklingsfase, mens konstruksjonsfasen domineres av papirtegninger. Det finnes flere ulemper ved å bruke konvensjonelle papirtegninger og detaljer for å vise bygningsinformasjon i dagens konstruksjonsmetode:

- Dårlig portabilitet og utilstrekkelig vanskelig håndtering av alle tegningene og revisjoner.
- Dårlig visualisering av problemområder eller andre problemer.
- Problemer relatert til lesbarhet (Bråthen et al., 2016).

«BIM-verktøy muliggjør tre og fire-dimensjonal visualisering av byggeproduktet. Effektivt kommunikasjonsdesign er en av de viktigste funksjonalitetene og fordelene. Den svakeste lenken i denne kommunikasjonen er "siste mil"; Levering av produktinformasjon til arbeidstakere under produksjon, fordi den fortsatt stoler på formell tegning av informasjonen som kan skrives ut på papir. Elektroniske medier tilbyr muligheten til å levere informasjon i dynamisk synspunkter som kan manipuleres og forespørres av forbrukerne, inkludert animasjoner og database tilgang» (Sacks et al., 2010).

Det er flere grunner til at papirtegninger har en overordnet rolle på byggeplasser rundt om i verden, som at det foreløpig ser ut til at det ikke finnes noen passende verktøy for å gjøre bruk av BIM tilgjengelig på byggeplassen. I tillegg har det vært utfordringer tilknyttet opplæring av byggeplassarbeidere. Dette innebærer at de potensielle fordelene ved å bruke BIM til visualisering og kommunisere 3D-designløsninger til byggearbeidere foreløpig ikke har blitt gode nok.

BIM i byggefase

BIM brukes lite i byggefase men det er enkelte områder som i økende grad har begynt å benytte modellen:

- 4D-BIM: legger *tid* til modellen og bruker denne i fremdriftsplanlegging av prosjektet.
- 5D-BIM: legger til *kostnader* i modellen.

- 6D-BIM: legger til *energisimuleringer* og *analyser* i modellen.
- 7D-BIM: legger til *drift* og *vedlikehold* samt *LCA analyser* til modellen.
- Prefabrikking: sender over utdrag av modellen til produksjon av prefabrikkerte elementer. Krever høy nøyaktighet, men BIMen kan brukes til detaljerte geometriske beskrivelser og informasjon om materialer og komponenter.

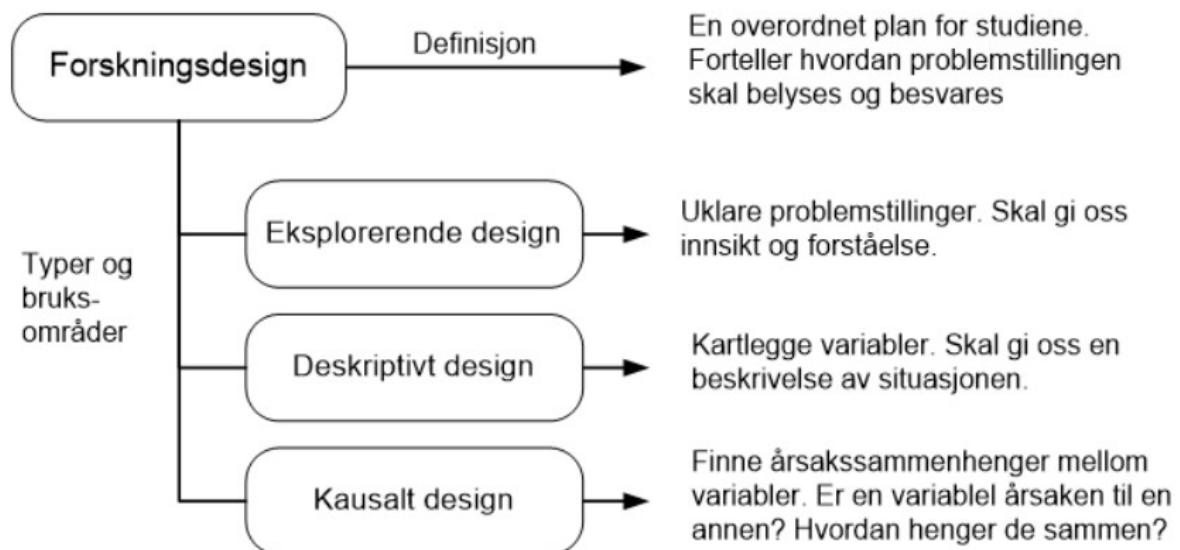
I tillegg til kollisjonskontroller og masseuttak er det 4D-BIM, tidsplanlegging/fremdrift og prefabrikking som blir mest brukt.

Metodebeskrivelse

Forskningsdesign

Metodebeskrivelsen gir svar på hvordan oppgaven er gjennomført med hensyn på forskningsdesign, forskningsmetode og tilnærming. Forskningsdesignen er en plan for å systematisk og logisk finne og sy sammen relevant forskning med de problemstillingene og målene som er definert i oppgaven gjort på en hensiktsmessig måte. Det er viktig å velge riktig forskningsdesign for best å besvare oppgaven. I hovedsak finnes det tre mulige forskningsmetoder:

- Eksplorerende design
- Deskriptiv design
- Kasualt design



Figur 1 - Forskningsdesign (Sander, 2017b)

I denne oppgaven er eksplorerende design valgt for å finne svar på forskningsspørsmålene.

Eksplorerende design brukes når problemstillingene ikke er helt klare og litt grove, hvor det er vanskelig å lage nøyaktige hypoteser på forhånd for hva som blir utfallet av analysen. Forskningsdesignens oppgave er å produsere kvalitative data som kan brukes til forståelse av problemstillingen og det er først og fremst ustrukturerte observasjoner som samler den informasjonen. Forskningsdataene samlet i et eksplorerende design kan ikke generaliseres da de ikke bygger på et representativt utvalg data eller kvantitative data.

Eksplorerende design legger vekt på å finne relevant teori, litteratur og data samt kvalitative intervjuer med grupper eller personer.

Da forskningsmåten baserer seg på ustrukturelle observasjoner vil mye avhenge av forskerens erfaring, kunnskap, kreativitet og innsikt for forskningsresultatet (Sander, 2017b).

Forskningsmetode

Kvantitative metoder går ut på å samle data forankret i spesifikke variabler med standardiserte metoder for innsamling der variablene oftest kan uttrykkes i tallverdier og materialet kan illustreres og beskrives i tabeller og grafiske figurer eller statistikk (Befring, 2015). Det er derfor for oppgavens problemstilling valgt å bruke en kvalitativ metode for datainnsamling, da det ikke finnes noen kvantitative data. Kvalitativ datainnsamling bruker ofte metoder som deltagende og ikke-deltagende observasjoner, dokumentanalyse, intervjuer og spørreundersøkelser. Analysemetoden bruker og genererer ikke-numeriske data og er basert på skriftlig eller muntlig informasjon (Fangen, 2015).

Forskningstilnærming

Det er hovedsakelig to typer forskningstilnærminger, deduktiv eller induktiv tilnærming (eller en kombinasjon av de to).



Figur 2 – Induktive og deduktive studier (Sander, 2017c).

Deduktiv tilnærming blir oftest brukt i nye og ukjente problemstillinger og felt, og det dannes da et klart teoretisk bilde før innsamling av data. Strategien er strengt strukturert og lager ikke store rom for kreativitet. Det gjennomføres kontrollerte tester som gjerne re-testes og pre-testes.

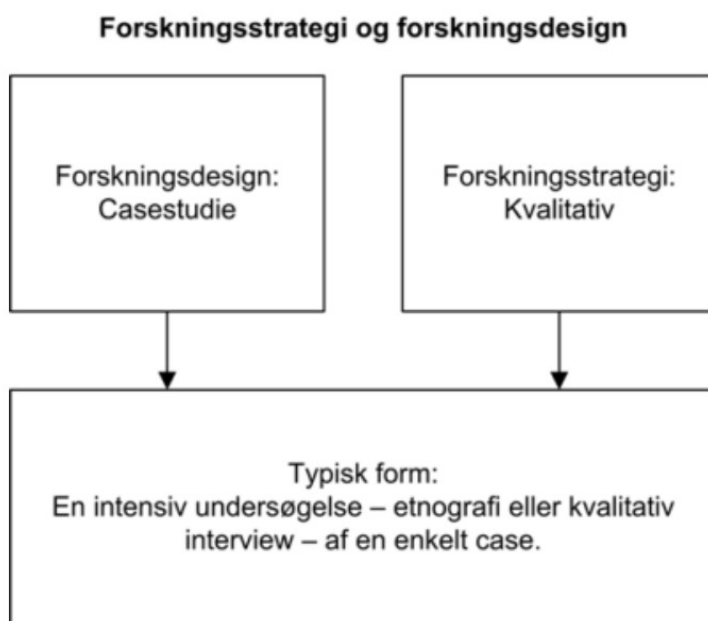
Induktiv tilnærming går ut på å lage teorier etter at data har blitt samlet inn. Det blir heller en måte å skape ideer på da deduktive metoder blir en måte å teste ideer. Induktive metoder går ut på å prøve og feile for å skape seg mest mulig informasjon og data til å kunne lage generelle teorier eller regler som senere kan testes i en deduktiv studie. Induktive metoder

kjennetegnes også ved at det blir gjort observasjoner som igjen kan si noe om fremtiden ut fra årsakssammenhenger og tendenser uten at disse enda er observert (Sander, 2017c).

Induktive metoder brukes i sammenheng med eksplorerende design, og det er derfor valgt å bruke en induktiv forskningstilnærming for å finne svar på problemstillingen i denne oppgaven.

Case-studie

Case-studie er en form for kvalitativ forskningsmetode og passer godt i denne oppgaven for å samle inn relevante data.



Figur 3 – Case-studie (Sander, 2017a).

Case-studie er en grundig og helhetlig studie av én enkelt enhet og brukes først og fremst til å beskrive et fenomen, skape forståelse og få dypere innsikt i problemer. Case-studie brukes når problemstillingen er uklar. Dataene i case-studier kan komme fra flere forskjellige kilder, eksempelvis prosjektdokumenter, intervjuer, arkivmateriale og observasjoner.

For å besvare oppgaven er det utført flere case-studier for å se på sammenhenger og best beskrive det aktuelle case.

I oppgaven har det vært ønskelig å se på flere ulike prosjekter for å sammenligne de mot hverandre. Det er hovedsakelig sett på prosjekter med høye BIM ambisjoner og prosjekter som har vært utført tegningsløse med kun 3D modell for bygging.

Følgende prosjekter har vært studert som case-studier:

- Smibelg og Storåvatn Kraftverk
- Vamma 12
- Nedre Otta Kraftverk
- Tønsbergprosjektet – Sykehuset i Vestfold

Intervjuer

For å besvare forskningsspørsmålene i oppgaven er det gjennomført flere kvalitative semi-strukturerte intervjuer. Det er viktig for oppgaven å få entreprenørers erfaringer med bruk av BIM i byggeprosjekter og deres meninger og oppfatninger av utviklingen i byggebransjen. Det er derfor gjennomført en rekke intervjuer med nøkkelpersoner hos Haaland Klima, Assemblin, Skanska og SIV. Det ble gjennomført fem semistrukturerte intervjuer. Alle intervjuobjektene er tilknyttet Tønsbergprosjektet.

Semistrukturert intervjumetodikk ble valgt på bakgrunn av at det oppleves som en samtale mellom forsker og respondent og gir intervjuobjektet mulighet til å svare fritt, føre samtalen dit respondenten vil, legge til annen informasjon og gir mer levende og uforutsette svar. Det ble utviklet en intervjuguide på forhånd for å styre intervjuet og komme gjennom de viktige spørsmålene som definerer forskningsspørsmålene i oppgaven.

Alle intervjuene er gjennomført anonymt og det er gjort lydopptak med samtykke fra intervjuobjektene. Under er det satt opp en tabell med oversikt over intervjuobjektene.

Tabell 1 - Oversikt over intervjuobjekter

Bedrift	Stilling
Skanska	BIM-manager
Assemblin	Prosjektsjef
Assemblin	Prosjektleder
Haaland Klima	Assisterende prosjektleder
SIV	Contract Manager

Litteraturstudie

Grunnlaget fra litteraturstudiet danner grunnlaget og rammeverket for oppgaven. Det ble brukt ulike søkemotorer og databaser som biblioteksøketjenesten Oria og Google Scholar for å finne relevante forskningsartikler. Referansene funnet i disse artiklene ble igjen brukt for å (raskere) spore god forskningslitteratur, hovedsakelig på engelsk.

Liste over relevant forskning for oppgaven og resultatet av litteraturstudiet vises under referansekapittelet.

Validitet

Validitet brukes i forskning for å karakterisere informasjonen, og betyr relevans og gyldighet. Validiteten er god hvis det som søkes er relevant og gyldig i forhold til det forskningsproblemet det jobbes med. Validitet sier noe om hvor egnet dataene er til å svare på problemstillingen.

Det er gjort grundig forarbeid med intervjuene med en grundig intervjuguide. Spørsmålene er relevante i forhold til problemstillingen og forskningsspørsmålene der disse er knyttet direkte opp mot intervjuene. Dataene fra intervjurundene er ansett som gode da disse er både gyldige og relevante for å svare på oppgaven.

Reliabilitet

Reliabilitet handler om hvorvidt dataene kan testes og etterprøves, altså kvaliteten og påliteligheten av dataene. Er påliteligheten høy kan testen utføres av flere personer og alle får det samme svaret. For å få god validitet på dataene må man stille de riktige spørsmålene og måle de riktige variablene, men for å få en god reliabilitet må man utføre det på riktig måte.

Kilden er ofte kritisk for god reliabilitet. Intervjuobjektene i denne oppgaven, er valgt på bakgrunn av deres arbeid med høytstående BIM prosjekter med store ambisjoner og regnes som kvalifiserte til å svare på spørsmålene. Intervjuguiden er laget for å gi svar og data som kan brukes til å svare på forskningsspørsmålene i oppgaven. Det kan selvsagt oppstå misforståelser under et intervju, og forskeren har også en viss påvirkningskraft når det kommer til muligheten for å lede respondenten og dermed få vinklede svar. Dette er det tatt hensyn til når dataene er analysert.

Rapportens oppbygning

Kapittel 1: Innledning

Kapittel 2: Metodebeskrivelse

Kapittel 3: Grunnlag

Kapittel 4: Case-studier

Kapittel 5: Intervju

Kapittel 6: Diskusjon

Kapittel 7: Veien videre

Grunnlag

Produktivitet

Når det kommer til BAE-næringen og produktivitet er det gjort ulike produktivitetmålinger som viser at byggenæringen har hatt en negativ utvikling de siste ti-femten årene (Langlo et al., 2013).

Et problemnotat utviklet av Sintef (Langlo et al., 2013) kommer på bakgrunn av den negative utviklingen med en erkjennelse om at potensiale for forbedringer og innovasjoner i norsk BAE-næring er stort. I 2012 utgav Fellesforbundet en undersøkelse som viser at kun 66% av tidsforbruk på byggeplasser i Norge er effektiv tidsbruk (Langlo et al., 2013).

Billig, utenlandsk ufaglært arbeidskraft kan være en av årsakene til den negative utviklingen. Det som synes billig på kort sikt, ødelegger produktiviteten på lang sikt (Sandnes, 2015). Byggeprosjekter har også korte tidsfrister, noe som kan være en annen faktor. «I egne prosjekter tar vi oss ikke nok tid til planlegging, og i prosjekter for andre får vi ikke nok tid. For både offentlige og private byggherrer forventes det at vi praktisk talt begynner å grave dagen etter at kontrakt er signert. Men vi trenger både tid og prosesser til å sette oss inn i oppgaven og legge strategier for å finne de beste løsningene» (Seehusen, 2011).

BIM-basert, tegningsløs byggeplass kan være en utvei for den negative utviklingen i produktivitet, men det krever at alle aktører i byggeprosjektet ser fordelene med BIM og det må implementeres på et høyere nivå skal man snu trenden.

Verdiskapning i byggeprosessen

Indre effektivitet – Ressursforbruk, kostnader og tidsforbruk påvirker indre effektivitet. Hvor få ressurser, lite tid og lave kostnader som må brukes for å skape det ønskede resultatet, gir en høy grad av indre effektivitet. Fokuset ligger på samspill internt i prosjektet, mellom alle aktører og med myndighetene. Bruk av BIM gir nye muligheter til å øke indre effektivitet i byggeprosessen.

Kostnader knyttet til retting av feil og korrigerende avvik er en sentral årsak til høyere kostnader og ekstra tidsforbruk. Det er mindre ressurskrevende å unngå feil, enn å feile og rette. Kvalitetssikring er et viktig verktøy til å øke indre effektivitet (Eikeland, 2001).

Ytre effektivitet - byggeprosessens evne til å nå de mål, krav og prioriteringer som knyttes til prosjektet av byggenæringens kunder. Byggherren har ansvaret og risikoen for prosjektet som helhet, og vil høste verdien av bygget i bruk (Eikeland, 2001).

Byggeprosjekter styres som oftest etter konkrete mål og rammer. Å fastlegge mål og rammer for prosjektet er det samme som å definere det. Høy grad av indre effektivitet forutsetter klare mål som grunnlag for effektiv styring. Brukerperspektivet og omtalen av livsløpsperspektivet, som er byggherrens perspektiv, viser at målene bygger på et kompleks, usikkert og bevegelig grunnlag i forhold til det å skape verdi på kundens premisser. Høy grad av ytre effektivitet forutsetter at prosjektets mål kan tilpasses den reelle usikkerhet som eksisterer i byggherrens og brukernes virkelighet, og at prosjektet kan tilpasses endringer, både under byggeprosessen og etter at byggverket er tatt i bruk (Eikeland, 2001).

Entreprenøren

Entreprenøren har ansvaret for alle fysiske arbeider på byggeplassen og alle prosessene og funksjonene det fører med seg. Det er alt det administrative i planlegging, organisering og ledelse av et byggeprosjekt. Prosjekteringsfasen har gitt en beskrivelse av hva som skal produseres og etter dette er det opp til entreprenøren. Entreprenøren tar ansvar og risiko for at bygget skal leveres etter gitte spesifikasjoner.

Entreprenørens risiko påvirkes ikke bare av beskrivelsen av arbeidene, de fysiske forholdene arbeidene skal utføres under og honorarformen, men vil også påvirkes av de administrative forholdene i byggesaken generelt og av oppdragsgiverens styringsrett med hensyn til endringer i eller tillegg til de avtalte arbeidene (Eikeland, 2001).

Kontraktsformer og entrepris

Prosjekter i BAE-næringen er trent regulert rent juridisk. *NS8407 – Alminnelige kontraktbestemmelser for totalentrepriser* og *NS8405 - Norsk bygge- og anleggskontrakt* er standardkontrakter som brukes mellom byggherre og entreprenør. Disse ligger som grunn for eventuelle egne kontraktsbestemmelser blir langt inn. Byggherren bestemmer entreprisformen, ofte tidlig i et prosjekt, dette danner grunnlaget for strukturen i prosjektet, og hvor mange aktører byggherren ønsker å skrive kontrakt med.

Valg av entrepris har betydning for prosjektaktørens risiko og ansvar i prosjektet, type prosjekt, omfanget av prosjektet, budsjett osv. Det avhenger også av hvor god kompetanse byggherren innehar og hvor mye ansvar byggherren ønsker å ta selv. Det finnes ulike

entrepriseformer, eksempelvis: hovedentreprise, generalentreprise, totalentreprise, delentreprise, samhandlingsentreprise, mm. Valg av totalentreprise er vanlig når byggherren ønsker å gi det meste av risiko og ansvar til entreprenøren. Her blir entreprenøren ansvarlig for hele prosjektet fra prosjektering, framdrift, produksjon og kvalitet på leveransen i henhold til avtale. Entreprenøren i en totalentreprise blir kalt en totalentreprenør (TE) og har ansvaret for å selv kontrahere kompetanse hvis han ikke selv innehar denne, såkalte totalunderentreprenører (TUE). Totalentreprenøren har i tillegg kontrakt med arkitekt og andre rådgivende konsulenter. Vanligste kontraktsform mellom Byggherre og TE er fastsumskontrakter med eller uten insentiver (Difi, 2017).

Samspillsentreprise

En samspillsentreprise består av et team der de viktigste aktørene i byggeprosjektet er med i et forprosjekt, både utførende og prosjekterende. Byggherren definerer og spesifiserer prosjektet og har ofte prosjektlederansvar. Målet er å komme frem til den løsningen som er best totalt sett for alle aktørene og brukeren av bygget. Alle skal komme med innspill og legge sine premisser inn i prosjekteringen. Deretter gjøres det en vurdering på hvorvidt prosjektet skal bli en realitet eller ikke. Blir prosjektet realisert blir det oftest en totalentreprise eller en fortsettelse av samspillsentreprisen med incitament. Det lages en avtale for hvordan overskridelse eller underskridelse skal deles mellom prosjektaktørene. En stor fordel med samspillsentrepriser er at entreprenøren kan legge inn føringer med spisskompetanse på utførelse som rådgiveren ofte ikke er god på. En samspillsentreprise bygger også på prinsipper for IPD (Difi, 2017).

IPD – Integrated project delivery

IPD er et konsept som bruker nye rutiner for samhandling og utradisjonelle insentiver for å øke effektivitet og verdi av prosjektet. I norske prosjekter vil IPD være en variant av en samspillsentreprise.

I likhet med samspillsentreprisen skal alle aktørene i et IPD prosjekt jobbe som et team, en enhet, for å nå felles prosjektmål. Byggherre, arkitekt, rådgiver og entreprenør må alle jobbe sammen i fellesskap for å finne de beste løsningene. De ulike aktørene får et større ansvar og får større eierskap til sluttproduktet noe som fører til mer kreativitet og produktivitet. Grunnlaget for bruk av IPD ligger også rundt bruk av ny teknologi og da særlig BIM.

Det er vesentlig for et IPD prosjekt at alle aktører i teamet samles på et tidlig tidspunkt slik at alle aktørene kan legge premisser for prosjekteringen og det er vesentlig for resultatet at alles

innspill blir tatt opp. Dette fører til innovasjon og samarbeid gjennom åpen og direkte kommunikasjon i et felles miljø med korte kommunikasjonsveier med definerte ansvarsområder for effektivt tidsbruk og lettere identifisering og løsning av utfordringer. Uenigheter tas opp raskt og avklares sammen.

BIM-bruk og nyskapende teknologi er viktig i IPD for informasjons- og kommunikasjonsflyt. Det er viktig at hele prosjektet orienterer rundt BIM fra start for å få mest mulig utbytte for alle aktører i teamet. Det er viktig med åpne standarder og god interoperabilitet for å unngå kostbare investeringer for å finne gode løsninger (AIA, 2007).

Digitaliseringen av byggebransjen

Digitalisering av byggebransjen er for denne oppgaven fokusert på bruk av dataverktøy og programmer for innføring av BIM på byggeplassen. Ideen er at disse skal erstatte og effektivisere manuelle prosesser og gjøre disse mer automatiserte og effektive for ulike operasjoner og oppgaver på byggeplassen. Dette vil være med på å øke den indre og ytre effektiviteten og gi mer effektive byggeprosesser.

BIM

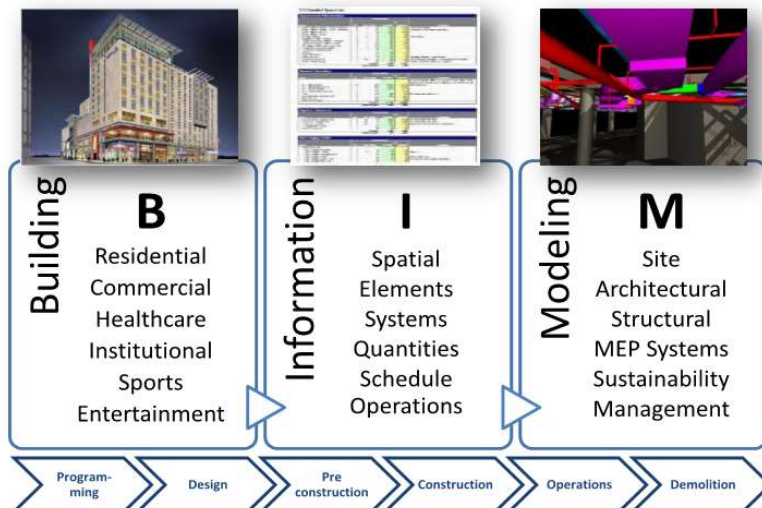
BIM har ulike definisjoner. BIM definerer både en prosess og et produkt. Produktet er en digital tvilling, en digital representasjon av det ferdige produktet. Modellen skal representere det fysiske og funksjonelle i bygget basert på kravspesifikasjonene og de kvalitetene som er ønsket av prosjekteier. Prosessen er knyttet til livsløpet av en bygning og dataene i modellen blir utnyttet og brukt gjennom hele byggets levetid (Eastman et al., 2011).

BAE-næringen har vist at BIM forbedrer samhandling og informasjonsutveksling gjennom byggeprosessen. BIM er også et resultat av industrialiseringen som er gjort i næringen. Prefabrikasjon krever mer informasjon og bedre strukturering av objekter for produksjon av elementer.

Ofte er oppfatningen av BIM at det kun er en 3D-modell av et bygg som brukes i design og prosjektering for å konstruere en bygning for tegningsproduksjon. Selve visualiseringen i 3D er viktig, men kun en brøkdel av potensialet. Informasjonsaspektet i BIM er det viktigste aspektet. Den informasjonen som kan tilegnes objekter i en modell, som egenskaper, klassifisering, dimensjoner, materialvalg etc., er mye viktigere enn en visuell representasjon av et objekt i 3D. Tradisjonelle BIM-prosjekter handler mye mer om visualisering enn om informasjon og kan derfor ikke kalles BIM-prosjekter. Disse prosjektene er kun prosjekter

med bruk av en bygningsmodell hvor informasjonen er begrenset og ustrukturert. BIM innehar spesifisert, detaljert informasjon bygget opp i struktur.

Fram til nå har de vanligste funksjonene i BIM vært visualisering av bygget, mengdeuttak- og kontroll, samt kollisjonskontroll av komponenter.



Figur 4 – Visualisering av BIM som konsept (Azhar et al., 2015).

Implementeringen av BIM handler ikke bare om 3D-modeller med informasjon men også endringsprosesser i arbeidsmetode og prosjekteringsprosesser (Hardin, 2015).

BIM kan defineres i ulike grader:

Grad 1: Objektbasert modellering. Her er en 3D-modell fokusert rundt objekter i modellen. Denne brukes til produksjon av 2D-arbeidstegninger og dokumenter, og modellen kan brukes til visualiseringsformål. Det er ofte liten grad av samhandling mellom ulike aktører i prosjektet (Succar et al., 2012).

Grad 2: Modellbasert samhandling. Her er aktiv samhandling orientert rundt BIM brukt uavhengig av aktør eller rolle. Dette er basert på samhandlingsentreprise og IPD (Succar et al., 2012).

Grad 3: Nettverksbasert integrasjon. Komplette integrerte modeller lages og deles i tett samarbeid på tvers av alle prosjektets aktører og faser. Dette støttes opp med teknologi som modellservere, databaser og skytjenester. Komplekse analyser kan gjøres på modellen fordi den inneholder mye mer enn kun objektinformasjon. Synkron utveksling av modellbasert og dokumentbasert data gjør at prosjektet blir faseløst (Succar et al., 2012).

Utveksling av BIM i prosjekter krever bruk av forskjellige programvarer som har gjort det nødvendig å utvikle åpne formater. Dette er gjort for å kunne integrere modeller levert fra forskjellig programvare. Det mest brukte i dag er IFC. Det er buildingSMART som har utviklet denne standarden (BuildingSMART, 2014a).

Det finnes fortsatt barrierer som hindrer bruk av BIM og adopsjonen av verktøy og prosesser. Noen av de viktigste er begrensninger i programvare, store investeringer, avhengig av at alle aktører tar i bruk BIM, dårlig interoperabilitet, usikkerheter i kontrakter og fordeling av overskridelse/underskridelse mellom aktører (Thomsen et al., 2009).

Utfordringer med prosjektering

3D-modell og arbeidstegninger i 2D stemmer ofte ikke overens, selv om modellen brukes til tegningsproduksjon. Ofte oppstår feil på byggeplassen fordi tegningene ikke inneholder den informasjonen som er tilstrekkelig og det har vært mislykket å få 3D-informasjon over på en tegning. De ulike aktører i prosjekteringen kan ha mislykkes med å koordinere tegninger hvis ikke alle samhandler med modeller. Tradisjonelle BIM-prosjekter bruker bare modellen i prosjekteringsfasen hvor det er ulik grad av samhandling, modellen blir deretter grunnlaget for tegningsproduksjon. Det er vesentlig for en mer effektiv prosjekteringsprosess og koordinering mellom aktører at alle i prosjektet bruker den samme modellen. Dette vil igjen minimere feil i tegninger og igjen byggefeil (Andersen, 2013).

Bruk av modell på byggeplassen som grunnlag til produksjon vil være med å redusere antall byggefeil. Informasjon visualisert i 3D er mye mer detaljert enn en 2D-arbeidstegning og vil bidra til en helhetlig forståelse av sluttproduktet.

BIM på byggeplassen

Det er hovedsakelig 2D-tegninger som blir brukt på byggeplassen i dag, da dette tradisjonelt er kontraktsgrunnlaget. Det har vært utfordrende å få BIM ut på byggeplassen. Det er i produksjonen verdiene skapes og konsekvensene av byggefeil og endringsarbeider får store kostnadskonsekvenser. Prosjekter har ofte en BIM-koordinator på brakkeriggen som har ansvar for modellene, oppdatering av informasjon og koordinasjon, men ofte ikke ut mot produksjonen. Metodene som brukes for tilgjengeliggjøring av modellen på byggeplassen i dag er nettbrett og BIM-kiosker i hovedsak.

Det er i økende grad byggherrer og entreprenører som ser nytten i å få BIM ut på byggeplassen. Ulike programvarer er utviklet for byggeplassen og markedet for utvikling har så vidt begynt.

Forutsetninger for bruk av BIM

BIM er en endringsprosess og forutsetningene for at den skal skje lønnsomt er at hele bedriften må omfavne endringsprosessen og «tenke BIM». Prosessen må implementeres hos ledelsen hos den enkelte bedrift og utvikles som en forretningsmodell. Det er vesentlig at bedriften får grep om hvilken kompetanse som kreves for å ta i bruk BIM for en lønnsom investering (Nikas et al., 2007).

BIM blir en felles orientering og et sentrum hele prosjektet orienterer seg rundt. Det blir derfor utfordringer knyttet til hvem som eier modellen og hvordan den skal brukes videre i ulike sammenhenger som drift, -og vedlikehold, omprosjektering, riving etc. Det er derfor viktig at det stilles klare kontraktuelle bestemmelser slik at modellen blir i henhold til de mål prosjektet har med modellen. Hvor stort prosjektet er avgjør hvor detaljert byggherren ønsker modellen. Utformingen av nye bestemmelser og definisjoner rundt BIM er viktig før modellen kan brukes som juridisk bindende for modellbasert bygging uten tegninger.

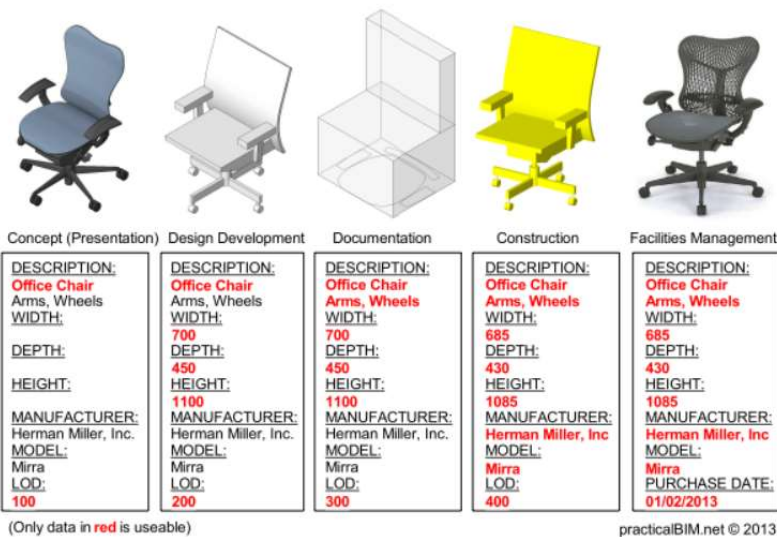
Utnyttelsen av BIM er fortsatt helt i utviklingsfasen og potensialet er stort. Det er aktører som greier å ta del i den endringsprosessen og gjøre lønnsomme investeringer som kommer til å få best utbytte av fremtidens byggeplasser.

LOD

Level of Development betyr utviklingsnivå og handler om, på objektnivå, i hvilken grad objektgeometrien og informasjonen er gjeldene når aktører benytter modellen (Bedric, 2013). Standardisering av informasjonstilførsel i modellen er en av hensiktene med LOD. Dette er med på å bedre kommunikasjonen mellom ulike fag i modellen. Det kan også være en standard på informasjonsgraden det er basert at prosjektet skal ligge på og standarden gir alle aktører oversikt over nivået som er beskrevet. Ofte vil detaljnivået øke med prosjekteringsprosessen. Figur 5 under viser fem nivåer av LOD.

LEVEL of DEVELOPMENT

LOD 100 LOD 200 LOD 300 LOD 400 LOD 500



Figur 5 – Level of Development ("practical BIM," 2013).

Det er lurt å definere delmål i prosjekteringsfasen når det kommer til hvilket LOD nivå objekter skal ligge på i ulike faser av prosjekteringsprosessen. Det er viktig at disse samsvarer med behovene de ulike aktørene har til den gitte informasjonen. LOD nivået definerer da hvilken del av informasjonen som er gjeldene.

Selve geometrien av et element i BIM modellen er bare en liten type data og er ofte ikke korrekt. Informasjonen som ligger i utviklingsnivåene sier mye mer om pålitelighet og informasjonen som er gjeldene om det objektet utover den geometriske fremstillingen. Utseende har heller liten relevans for andre aktører i byggeprosjektet da informasjon om objektet har en annen betydning enn visualiseringen. Formålet med utviklingsnivået er hvilken informasjon som er tilgjengelig for alle aktører i prosjektet, om informasjonen kan stoles på og hvor omfattende de dataene som ligger i objektet er. Objekter kan inneholde informasjon til et nivå LOD 400 hvor objektet ligger på LOD 100, da er den ekstra informasjonen ikke verifisert og heller ikke til å stole på.

LOD-nivå bør implementeres i BIM som en parameter tilgjengelig for alle i prosjektet i modellen som brukes til informasjonskommunikasjon.

Objektstatus

Objektstatus er en beskrivelse av objektets grad av etablering i prosjekteringsprosessen. Statusen beskriver objektet uten å beskrive detaljnivået i geometrien. Objektstatus kan eksempelvis være: etablert, kontrollert, godkjent, levert, bygget, rives etc. Denne statusen brukes primært til å fargekode og dermed skille objekter fra hverandre i modellen rent visuelt.

Fargekoding i modell med ulike parametere i objektinformasjonen er et viktig verktøy for alle aktører i byggeprosessen, fordi en visuell fremstilling basert på fargekoder av objekter er effektivt. Det blir enklere for ulike aktører å få et overordnet bilde eksempelvis over hvor langt prosjekteringen har kommet, hva som er tverrfaglig kontrollert, hva som er klart for bygging og hva som er bygget, etc. Visuelle fremstillinger er effektivt for prosjektledelsen så vel som internt for hvert enkelt fag.

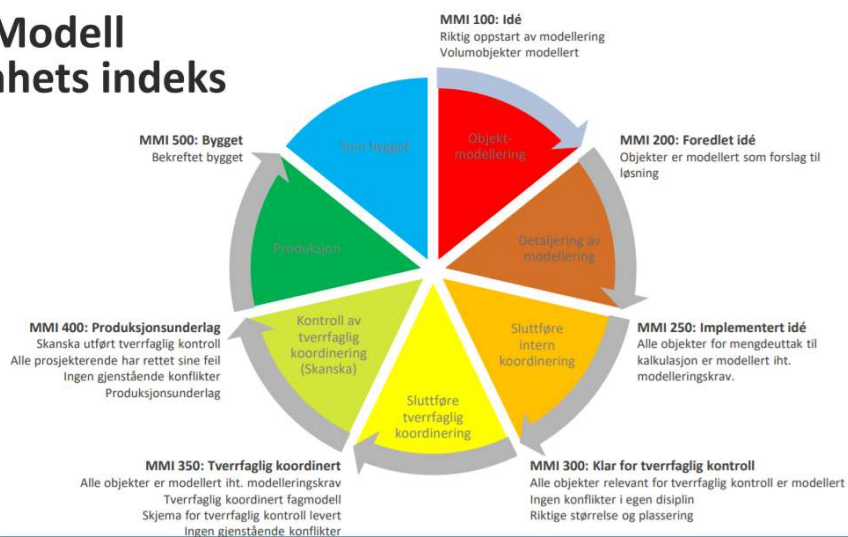
Modenhetsindeks

LOD har hittil resultert i misforståelser rundt definisjonen. Derfor er det innført et nytt begrep: MMI.

MMI – modellmodenhetsindeks beskriver modningsgraden av et objekt i en BIM-modell. Denne innebefatter både geometri og informasjon.

Dette er i første rekke tiltenkt som et verktøy for kommunikasjon gjennom modellen. Prosjekteringsgruppen kan sette krav til modenhetsnivå på alle, eller deler av, objekter i modellen til gitte frister og derfor planlegge og gjennomføre prosjekteringen etter verktøy som fungerer godt i dag. Figur 6, under, viser et eksempel på en modellmodenhetsindeks hentet fra Skanska.

MMI: Modellmodenhetsindeks



Figur 6 – eksempel på en modellmodenhetsindeks (Selvær, 2017).

Interoperabilitet

Et kjent problem i byggenæringen i dag er interoperabilitet. Det er mange ulike programvarer, applikasjoner og systemer som brukes av mange ulike aktører der stort sett ingen av disse programmene snakker sammen (Gu et al., 2010). Programvare bør være interoperable for å tilpasses bransjen bedre og det bør utvikles en samlet standard for hvordan ulike systemer

kommuniserer med hverandre. Det brukes mye tid i prosjekter i dag til konvertering og eksportering mellom filformater for bruk i ulike programmer eller sammen. Dette har mye å si for produktivitet og indre effektivitet (Grilo et al., 2010). Nye løsninger må designes intuitivt med et grensesnitt som er enkelt å benytte og som snakker godt sammen med eksisterende løsninger for å hindre mange ulike programvareinvesteringer.

BIM vil bli en større del av fremtidens byggeplasser enn det er i dag og fremtiden i BAE-næringen kommer til å bli sentrert rundt modellen, det er derfor viktig at det utvikles gode programvarer med åpne standarder og god interoperabilitet for å utnytte de fordelene BIM gir og den kommunikasjonen det gir på tvers av aktører og programmer. En av faktorene som påvirker verdiskapningen av BIM i industrien er effektiviteten av interoperable løsninger som gir feilfri og strømlinjeformet informasjonsflyt mellom ulike disipliner i prosjekt (Venugopal et al., 2012).

Bruksområder for BIM

Visualisere

En av de viktigste bruksområdene for BIM i dag og i fremtiden vil fortsatt være visualisering. Geometri i 3D og utviklingen av en digital tvilling av det endelige produktet og den visuelle representasjonen er kanskje den største delen av BIM. Hele prosessen i BIM, altså selve levetiden til en bygning, vil dra nytte av den visuelle fremstillingen modellen gir for fremtidig utnyttelse. En 3D-modell har et stort visuelt potensial, for eksempel hvor «levende» grafikken er, mulighetene til å sette sammen filmer med animering av prosesser, simuleringer av fremdrift, installasjonsmetodikk, etc. Hvis visuelle intelligente modeller kan brukes til å kjøre simuleringer og analyser kan den brukes til å finne feil før produksjonen begynner.

Visualiseringsaspektene med BIM er også viktig i et forprosjekt eller arkitektkonkurranse for å utvikle og evaluere ulike bygningsdesign. Byggherren vil ha sterke meninger om utforming og tomteutnyttelse, design og funksjonalitet og med mulighetene for visualisering i BIM kan man med bruk av VR utforske design og funksjon i et 1:1 forhold. Selv om det visuelle vil ha mye å si for utviklingen av et prosjekt i tidlig fase, vil det ha mye å si gjennom en prosjekteringsfase og byggefase i tillegg. Som sagt vil mulighetene til å implementere andre aspekter av BIM inn i en visuell fremstilling i en modell som eksempelvis tid og fremdrift, være et kraftfullt verktøy. En visuell oppdeling av fremdriften på byggeplassen kan optimalisere fremdriften og videre planlegging i prosjektet, noe som igjen kan føre til økt produktivitet. Det vil også være med på å optimalisere byggeplassen i forhold til logistikk, transport og lagring av materiale. Visualisering gjør også at ulike aktører i et prosjekt

samarbeider bedre og mer effektivt da de får en høyere forståelse for andre fag gjennom det visuelle. HMS er et annet område som vil nyte godt av visualiseringsmulighetene som ligger i BIM. Analyse av jobber som skal gjøres i forhold til sikkerhet og risikoaspekter kan bli oppdaget tidligere og konsekvenser kan utredes før produksjonen er i gang.

Koordinere

Alle aktører i et prosjekt jobber med sin fag-spesifikke modell som blir koordinert og sammenslått med andre fagmodeller i BIM. Ulike fag gjør sine egenkontroller og koordinering i egen modell før modellene koordineres med hverandre fra tidlige faser i prosjektet. Det er viktig at denne koordineringen skjer tidlig og gjennom hele prosjektet for å effektivisere samarbeidet mellom aktører og holde kontroll på om fagene følger fremdrift og har de egenskapene som er satt i målene under prosjekteringsfasen. BIM blir senteret for samhandling og kommunikasjon mellom ulike aktører i prosjektet. Er all informasjon koordinert i en modell vil man ha bedre oversikt over relevant informasjon og det vil ikke være behov for å koordinere informasjon og dokumentasjon i systemer utenfor modellen, her er en av betingelsene for effektiv implementering og koordinering av informasjonen i modellen at løsninger er interoperabile, noe som i dag er en stor utfordring. Det fordrer også at alle aktørene i et prosjekt, prosjekterende til underleverandører, må integreres og utnytte BIM. Når BIM blir en åpen kanal av informasjon som strømmer jevnt over flere forskjellige systemer og kommunikasjonen skjer gjennom modellen, vil vi få de mest effektive byggeprosjektene.

Simulere

Simuleringer i 3D av et prosjekt er et viktig aspekt i visualiseringen. Intelligente simuleringer kan simulere installasjoner av bygningsdeler for å avdekke utfordringer med byggbarhet og kombinasjonsmuligheter, kollisjoner og finne de mest optimale løsningene. Simuleringer har størst effekt gjennom en detaljprosjekteringsfase hvor løsninger kan simuleres og optimaliseres for at alle aktører, fra prosjekteier, rådgivere og entreprenøren, skal bli fornøyd og forutse utfordringer for å finne løsninger før produksjonen starter. Det er derfor viktig med et godt samspill under prosjekteringsfase. Dette åpner nye dører som ikke tidligere har vært mulig uten kraftige BIM-verktøy for å kombinere visualisering og simulering av det ferdige produktet. Dette vil bli mer vanlig men krever også en større samhandling og forståelse mellom alle aktører i prosjektet fra en tidlig fase.

Estimere

I følge Hardin er en av de største fordelene med BIM, mulighetene til å hente ut mengder, volum og arealer fra modellen for beregning av kostnader (Hardin, 2015).

Med variasjoner i LOD og MMI vil estimatene variere naturlig gjennom hele prosjekteringsfasen hvor dataene blir mer detaljerte utover i prosessen. Mulighetene for å legge 5D inn i modellen har et stort potensial, hvor kostnader blir knyttet som en ekstra dimensjon til modellen for estimering. Det er store variasjoner når det kommer til bruk, fra tidlige kostnadsestimater for et fremtidig prosjekt, til helt eksakte estimater i produksjonsfasen. Med uendelige mengder informasjon knyttet opp til hvert enkelt objekt i modellen, vil det føre til muligheter for å estimere kostnadene.

Objektene i modellen er basert på ekte fysiske objekter, og kan derfor gi helt nøyaktige produktbeskrivelser som dokumenteres og integreres i BIM, og gjør det mulig å estimere kostnadene direkte fra modell, helt eksakt.

Analyser

Når alle aktører jobber integrert i en modell basert på flere fagmodeller kan disse brukes til å enkelt finne utfordringer i grensesnitt og være med på å løse utfordringer i prosjektet før produksjonen har startet. Dette vil spare prosjektet mye tid i utfordringer rundt grensesnitt og omgjøringsarbeider på grunn av lite koordinasjon mellom aktører. Under er eksempler på analyser som kan gjennomføres i en BIM modell:

- Byggbarhet
- Miljøanalyse
- Kollisjonskontroll
- Energianalyse
- Fremdriftsanalyse
- Montering og installasjon
- Byggekostnader
- Mengdeberegninger
- Kontantstrøm
- LCC - livsløpskostnader

Kontrollere

Alle egenskapene til et objekt i en modell, som representerer et fysisk objekt, kan integreres i BIM som informasjon. Med all denne informasjonen kan ulike kontroller i modellen

gjennomføres. Ofte avhenger det av hvor langt prosjektet har kommet i prosjekteringen eller hvor «moden» modellen har blitt. Den mest brukte kontrollen i BIM i dag er kollisjonskontroller. Dette gjøres internt i fag mellom egne objekter og mellom grensesnitt og fagmodeller. BIM fører til et større detaljnivå og bedre koordinasjon i modellen som reduserer merarbeid i form av omgjøring og tidsbruk for avklaringer på byggeplassen. Tradisjonelt har dette vært vanskelig - å lete etter kollisjoner mellom 2D-tegninger manuelt ved sammenligning er både tidkrevende og kostbart (Eastman et al., 2011). Det brukes mye tid og penger i byggeprosjekter i dag på omgjøringsarbeider og omprosjektering som følge av feil i underlaget etter at produksjonen har begynt.

Kontroller i BIM kan gjøres for å finne kollisjoner mellom objekter, duplikasjoner, toleransekrav og marginer, orientering og kontroll av oppbygning, systemer, etc. Det er vesentlig at modellen er koordinert og kontrollert før byggingen starter for å avdekke flest mulig forhold som må avklares mellom aktører i prosjekteringsfasen for å forhindre omgjøringsarbeider.

Prefabrikasjon

Noe som har blitt mer vanlig i prosjekter i dag er prefabrikasjon. Konstruksjoner kan settes sammen under tørre gode forhold før transport til byggeplass. BIM har muliggjort prefabrikasjon i større grad, og det er ikke lenger bare elementer til konstruksjon men også tekniske installasjoner og hele rom som blir prefabrikkert. Modellene inneholder informasjon som beskriver objektene og geometrisk oppbygning av elementer i detalj. Bruk av BIM og koordinering av alle modeller for byggbarhet og presisjon gjør at det er mindre risiko for at prefabrikkerte elementer ikke skal passe sammen og montering er simulert på forhånd. Det er tidsbesparende for prosjekter å kunne ha deler av produksjonen prefabrikkert andre steder. Dette fører til god logistikk på byggeplassen med lite nødvendig areal for lagring av materiale. Hele systemer med tekniske komponenter kan monteres i bygg og risikoen for feil i produksjonen kan bli ytterligere redusert (Eastman et al., 2011).

Dokumentere

Oppbygningen i BIM er utformet som en database. Dette gir muligheter for sanntid-koordinering og prosjektering. Databasens strukturering gjør det mulig å lagre prosjektinformasjon direkte i objekter i modellen eller i databasen. Dette eliminerer behovet for parallelle systemer for dokumenthåndtering ved siden av modellen. Hvis alle objekter i modellen inneholder dokumentasjon om det fysiske objektet kan modellen brukes videre etter at prosjektet er slutt. Dette danner grunnlaget for FDV-dokumentasjonen. For store

byggherrer der bygget skal driftes og vedlikeholdes er det viktig at denne dokumentasjonen er integrert i modellen. I komplekse bygg med mye teknikk der alt skal være skjult, er det viktig for fremtidig bruk av bygget, at modellen brukes videre. Utskifting av leietakere fører til hyppigere omprosjekteringer og mulighetene som ligger i å ha en digital tvilling av bygget med tilhørende muligheter for forvaltning er en stor fordel. Dette er en av drivkreftene bak større byggherrers økende interesse for å sette BIM i sentrum.

Prosessen og verktøyet BIM er opprinnelig utviklet for å skape ting *én* gang, og en av de mest hensiktsmessige bruksområdene for en BIM, er evnen til å utnytte allerede utført arbeid (Hardin, 2015).

Kvalitetssikring av arbeidsunderlag ved modellbasert bygging

KS av underlag for prosjektering er vesentlig i alle prosjekter. Denne kontrollen utføres tradisjonelt ved bruk av 2D-tegninger, da det er dette som er kontraktsgrunnlag, og der det brukes BIM i prosjekter brukes tegningene som støtte for nettopp denne kontrollen. Hvis fremtidens byggeplasser blir tegningsløse må modellen brukes som grunnlag for denne kvalitetssikringen, noe som vil stille større krav til innholdet i modellen og dokumentasjonen av denne i et ellers flytende arbeidsunderlag. Det er viktig at den informasjonen som ligger i modellen er klar for bygging før den sendes til byggeplassen. Standarder finnes som beskriver arbeidstegninger, men for BIM og modellbasert produksjonsunderlag er det enda ikke utviklet standarder. Det vil derfor være utfordringer i prosjekter med å beskrive hvordan denne kontrollen av underlaget skal utføres i modellen og utarbeide nye rutiner for tilrettelegging for entreprenører slik at dette blir gjort på best mulig måte.

BIM globalt

Globalt akselererer BIM-bruk kraftig. Ofte er det de offentlige byggherrene som sørger for denne utviklingen, men også store private aktører ønsker å høste fordelene BIM kan gi i prosjekter. Det er fokus på fremdriftsoppfølging og mer korrekt estimering av tid, kvalitet og kostnader. Faglig dyktige byggherrer kan sette spesifikke mål med bruken av BIM for å «tvinge» arkitekter og entreprenører til å bruke BIM for å nå nye mål, samtidig som resultatet blir en større adopsjon av BIM-verktøy.

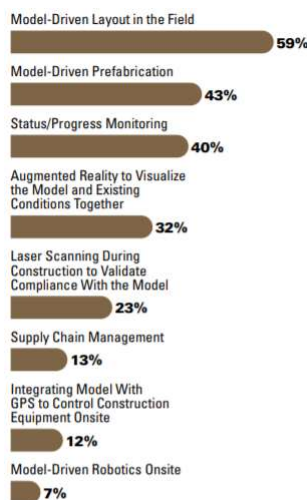
97% av alle entreprenører i Japan, Tyskland og Frankrike rapporterer et positivt resultat for sine investeringer i BIM (McGraw Hill Construction, 2013a).

Den største rapporterte fordelene med BIM, er reduksjon i antall feil og reduksjon i antall omprosjekteringer. Disse har umiddelbart målbare fordeler, som redusert byggekostnad og redusert byggetid.

Samarbeid mellom aktører på byggeplassen trekkes også frem som en av de største fordelene med bruken av BIM.

Å få verdien av BIM ut på byggeplassen i form av investeringer i mobile enheter og nettbrett er sterkt økende hos entreprenører. Top-tre-investeringer i BIM hos entreprenører som karakteriserer seg som svært høyt på BIM-engasjement går på nettopp denne type enheter, samt opplæring og software.

Figuren under viser en prosentfordeling av hva entreprenører mener er deres største fordeler ved bruk av BIM under konstruksjonsfasen.



Figur 7 – Entreprenørers rangering av fordeler ved bruk av BIM under konstruksjonsfase (McGraw Hill Construction, 2013a).

Den eksplisive veksten av verdien av å kunne se på modellen på byggeplassen, vises klart og tydelig i figuren over. Dette korrelerer direkte med den største rapporterte fordelene med BIM, som er reduksjon i omarbeid og omprosjekteringer. Modellen blir brukt på plassen for å gi større nøyaktighet og hindre feil.

Måten modellen blir gjort tilgjengelig for de ansatte på byggeplassen varierer. Håndholdte mobile enheter blir stadig mer populært og en trend blant entreprenører som har et sterkt BIM-engasjement. Tyske entreprenører rapporterer at de bruker dette ved 75% av prosjektene. BIM-kiosker er også brukt globalt, men ikke i like stor grad, da det kan ha store fordeler å gjengi modellen i større format utenfor brakkeriggen. BIM-kiosker blir oftest brukt til å samle arbeidere ved en effektiv gjennomgang i modellen. I Japan rapporterer entreprenører at de

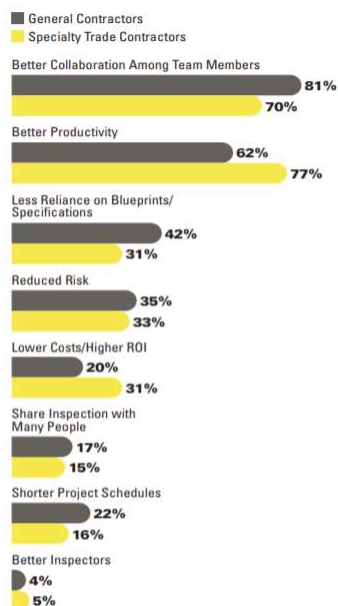
bruker BIM-kiosker i 84% av alle prosjekter. Store skjermer i såkalte big-room, BIM-rom, på brakkerigger er også en vanlig måte å vise modell på. Investeringen er større, men fordelene ved økt effektiv kommunikasjon er noe av det som gjør dette mer populært (McGraw Hill Construction, 2013a).

Informasjonsmobilitet

Portabiliteten av elektroniske enheter har skapt ekstraordinære muligheter for utveksling av data til byggeplassen. Tidligere har muligheten til å åpne store 3D-modeller på små håndholdte enheter, samt opplæring av de ansatte på byggeplassen, vært vanskelig. Potensialet vil ha stor innvirkning på fremtiden.

Det kommer likevel et skifte i bruk av denne type teknologi. Der modeller og dokumenter tidligere er lagret på maskiner og servere vil man i fremtiden få løsninger som opererer i «skyen». Dette sørger for prosessorkraft og ytelse for å ta i bruk avanserte 3D-modeller i mindre håndholdte enheter med høy oppløsning, eksempelvis nettbrett.

Rapporterte fordeler ved økt informasjonsmobilitet er bedre samarbeid og økt produktivitet.



Figur 8 – Fordelene ved økt informasjonsmobilitet (McGraw Hill Construction, 2013b).

I følge forskningsrapporten til McGraw Hill rapporterte 42% av alle generelle entreprenører at bruken av papirtegninger og spesifikasjoner var gått ned. Modellen er tilstrekkelig for bygging samt at informasjonen går raskere og er mer effektiv.

De fleste firmaer i dag bruker digitale PDF-filer, digitale dokumenter og tegningsfiler, papirdokumenter og papirtegninger for utveksling av prosjektinformasjon. Det er forventet en dramatisk reduksjon i bruk av disse tradisjonelle formatene.

Sky-løsninger for prosjektinformasjon og utveksling er forventet å bli fremtiden i moderne byggeprosjekter (McGraw Hill Construction, 2013b).

Case-studier

Tegningsløse prosjekter

Det er ikke gjennomført tegningsløse prosjekter i Norge foreløpig, men det finnes pågående prosjekter i dag. Case-studien ser på et variert innhold av ulike byggeprosjekter fra tegningsløse til de som bruker BIM i større eller mindre grad på byggeplassen.

Smibelg og Storåvatn kraftverk

Nøkkeltall:

Byggherre: Smisto Kraft AS

Totalentreprise fjell- og byggetekniske arbeider: Hæhre Entreprenør AS

Periode: 2015-2019

Smibelg og Storåvatn kraftverk består av to kraftstasjoner i fjellet. Smibelg på 33 MW og Storåvatn på 8 + 25 MW. Det planlegges 27 km vannvei inne i fjellet, en pumpestasjon, seks reguleringsmagasiner og 11 inntak.

Smisto kraftverk er basert på tegningsløs prosjektering og bygging. Det leveres kun en digital modell til byggeplassen og all samhandling og koordinering skjer gjennom modellen. Det leveres ingen tegninger i 2D-formater.

Totalentreprise som kontraktsform er uvanlig i denne typer prosjekter. Tradisjonelt har det vært konsulenter innleid av byggherre som gjennomfører prosjektering og styring av prosjektet. Totalentreprisen sørger for et tett samarbeid mellom rådgiver og entreprenør og gir stor grad av økt samhandling og ambisjoner.

Måten samhandling i prosjektet er gjennomført på, med egne modeller for prosjektgjennomføring, samt oppfølgingen og det tverrfaglige samarbeidet har effektivisert byggeprosessen og redusert antall revisjoner. Dette har igjen ført til kostnadsreduksjoner for alle involverte i prosjektet.

Som et av de første prosjektene i Europa som gjennomføres med kun 3D-modeller for innhenting og utveksling av informasjon til byggeplassen, ble det i prosjektet gjennomført en analyse av tradisjonelle og konvensjonelle metoder. Det ble sett på hvordan man kan benytte eksisterende programvare og tilpasse denne for bruk i design og konstruksjon, hvordan effektivisere og optimalisere informasjonsutvekslingen mellom de ulike aktørene ved å utnytte data og utvikle nye produkter som erstatter 2D.

Totalentrepriseformen gjorde det mulig for rådgivere og entreprenøren å kontinuerlig utvikle ulike konsepter for utveksling og bruk av modell og teste funksjonalitet på byggeplassen for å komme frem til nye løsninger.

For Smisto-prosjektet ble det utviklet et sett egenskaper for at ulike aktører skulle få en forståelig representasjon av objektene og hva som skulle bygges. Disse egenskapene ble knyttet til modellen for å gi samlet informasjon utover den geometriske presentasjonen. Tradisjonelle 2D-tegninger gir planvisninger med omriss for geometri samt en gitt tekst knyttet til objekter.

For å få informasjon effektivt ut av modellen for utveksling til entreprenør, ble det lagt inn en rekke informasjonsparametre i modellen. Hvert enkelt objekt i modellen har informasjon om kvalitetsnivå, sekvens, element-ID, bestemmelser, forklaringer, brannkrav, materialkrav, mengder, mm. Sammensetningen av geometri og objektdata gjør at entreprenøren på byggeplassen får den tilstrekkelige informasjonen fra modellen.

Alle objekter i modellen får status ut ifra hvor i byggesekvensen de befinner seg. Status i Smisto-prosjektet er delt opp fra S1-S5.

Tabell 2 – Objektstatus (Budarina, 2017).

Status	Definisjon	Farge
S1	Foreløpig informasjon Styringsobjekter er definert med foreløpig plassering og geometri. Det kan oppstå endringer med objekter.	
S2	Klart til tverrfaglig kontroll Styringsobjekter har frosset grunnlagsinformasjon, har riktig plassering og maksimale ytre grenser for geometri er definert. Objekter er kontrollert i egen disiplin og er klar for tverrfaglig kontroll.	
S3	Frys Kommentarer fra tverrfaglig kontroll er implementert. Styringsobjekter har endelig form og plassering. Grensesnitt mot andre objekter og disipliner er frosset. Objekter blir nå premissgivende for øvrige fag. Detaljering mot S4 skal ikke påvirke andre disipliner og objekter.	
S4	Utgitt for bygging Detaljprosjektering av objekt er fullført og dokumentert iht. gjeldende krav. Relevant leverandørinformasjon er lagt til. Objekter/modell er utgitt for bygging.	
S5	As built Objektet er bygget, red-line mark-up er utført og modell er oppdatert med nødvendig type- og leverandørinformasjon, installasjon og testing.	

Objekter må ha status S4 før entreprenøren kan starte byggingen, men hele modellen er gjengitt for å øke forståelsen for det ferdige produktet. Modellen er også delt opp etter

leveransepakker basert på fremdriftsplanlegging og sekvensiell oppdeling av byggeprosessen basert på rekkefølge og ressursbruk/behov.

Egenkontroll, sidemannskontroll og godkjenning er også integrert i modellen og for dokumentasjon. BCF-filer blir her brukt som dokumentasjon med kommentarer og kontroll. BCF brukes også for kommunikasjon mellom aktører for tilegning av oppgaver eller kommunikasjon av feil og endringer.

I tillegg til å eksportere fagmodeller til IFC-filer for Solibri blir det også eksportert dwg-filer for ulike elementer.

For IFC-modellene blir det generert egne property set (egenskapssett) som fremkommer som egne faner i Solibri. Det er i prosjektet definert ulike property sets unikt for prosjektet, basert på samling av relevant informasjon. Det er definert ulike property sets avhengig av hvem informasjonen skal nå. Ulike aktører trenger ulik informasjon.

I prosjektet utarbeides ulike modeller for koordinasjon og effektiv utsendelse av informasjon til entreprenør. Det har blitt utviklet ulike metoder for egenskaper med hensyn på ulike programvarer for ulik utførelse. Det er også satt sammen pakker med 3D-visninger som er målsatt og klargjort for entreprenørens utførelse.

Under prosjekteringen brukes Revit til fagmodeller, Solibri til tverrfaglige modeller og Navisworks til sammenstillingsmodell. På byggeplassen for utførelse brukes Solibri og Autodesk 360 Glue sammen med BIM-kiosker og nettbrett (Budarina, 2017; Dahl-Mortensen et al., 2016).

Nedre Otta Kraftverk

Nøkkeltall:

Byggherre: AS Eidefoss

Entreprenør (hovedentreprise): Eidsiva Vannkraft

Periode: 2016-2020

Nedre Otta Kraftverk skal utnytte et fall på 55,5 meter i Ottaelva og vil få en årsproduksjon på 315 GWh energi. Fra før av har elva fire eksisterende reguleringsmagasiner og to overføringer. Eksisterende inntaksdam i Eidefossen vil bli benyttet. Kraftstasjonen blir 60 meter lang, 20 meter bred og 45 meter høy, og vil ha to turbiner på 43 MW hver, trafohall med to generatortransformatorer på 2x50 MVA og en nett-transformator på 60 MVA (Aune, 2018).

Kontraktsformen er bygget opp med BIM-tillegg som spesifiserer at all prosjektering skal skje med BIM-verktøy og informasjonen lagt inn i modell skal kunne brukes direkte til produksjon. Arbeidsgrunnlaget inkluderer ikke tegninger.

Samordningsmodellen er øverst i hierarkiet og blir revidert hver 14. dag. Programvare som benyttes til sammenstillingsmodellen er Navisworks. Andre fagmodeller blir eksportert til IFC-format.

På byggeplassen benyttes BIM-kiosker med Navisworks og nettbrett med Autodesk 360 Glue. Det produseres ferdige presentasjoner/arbeidspakker av 3D-views for enklere navigering i modellen eller målsetninger.

iConstruct blir brukt sammen med Navisworks og sammenstillingsfilen for å lage property sets som er tilpasset entreprenøren og skal gi kun tilstrekkelig informasjon for bygging.

BIM-kioskene er også koblet opp mot en skriver slik at det er mulig å skrive ut utsnitt fra modellen, skisser eller målsetninger, osv.

Vamma Kraftverk

Nøkkeltall:

Byggherre: Hafslund Produksjon AS

Entreprenør (hovedentreprise): AF Gruppen

Periode: 2015-2019

Prosjekt Vamma 12 omfatter en etablering av ny inntakskanal, bygging av ny kraftstasjon, sugerør og utløpskanal hvor deler av vannveien etableres i tunnel.

Vamma 12 er også et av de første prosjektene i Europa som kun leverer digital modell til byggeplassen og mellom aktører og er et såkalt tegningsløst prosjekt. Leveransen fra byggherre og rådgivere består av 3D-modeller som brukes på oppsatte BIM-kiosker og nettbrett ute på byggeplassen.

Sammenkjøringen av fag og modeller for gjennomføring av kollisjonskontroller og reduksjonen av antall feil både i prosjekteringen og i byggingen blir satt fremst som fordeler for å benytte digitale modeller for bygging. Komplekse strukturer blir modellert i Revit ved hjelp av Dynamo og alle aktører får et dypere innblikk i hvordan prosjektet blir. 2D-tegninger av komplekse geometrier er vanskelige å tyde. Automatiserte mengdekontroller som gir god

kontroll på kostnader og fremdrift i prosjektet er også sterke sider i prosjektet som knyttes opp til gjennomføringen.

Modellene er rangert etter prioritert rekkefølge der en sammenstillingsmodell i Navisworks er øverst i hierarki. Navisworks ble valgt da programvaren kan lage sammenstillinger av flere ulike filformater og de prosjekterende blir derfor ikke bundet opp til å bruke spesifikke programmer. iConstruct i Navisworks ble også benyttet til å strukturere og filtrere informasjon i modellen og dermed også filtrere ut kun den mengden informasjon utførende på byggeplassen trengte for å gjøre jobben.

Det blir produsert pakker med ferdige målsatte 3D views til byggeplassen. Andre egenskaper og målsetninger kan enkelt finnes ved objektinformasjonen i modellen eller tas ut i programverktøyet. Det ble også laget presentasjoner av rekkefølge for installasjon og konstruksjon.

Vamma 12-prosjektet lagde egne property sets for å samle informasjon relevant for ulike aktører (Aune, 2018).

Tønsbergprosjektet

Nøkkeltall:

Byggherre: SIV-TP

Entreprenør: Skanska

Periode: 2017-2021

Med Skanska som entreprenør og CURA-gruppen som rådgivere skal det bygges to nye bygg ved Sykehuset i Vestfold. Psykiatribygget skal stå ferdig i 2019 og somatikkbygget i 2021. Prosjektet gjennomføres med kontraktsmodellen IPD (integrated project delivery).

Prosjektgruppen er samlokalisert i Tønsberg for å effektivisere beslutningsprosesser, og prosjektet har utstrakt bruk av BIM og verktøy for å forbedre gjennomføringen av prosjektet. Prosjektet gjennomføres ved bruk av metodikk fra Lean Construction og VDC, eksempelvis fremdriftsplanlegging og oppfølging ved hjelp av Last Planner System, tverrfaglige prosjekteringsmøter ved bruk av ICE-metodikk og verdistyrte prosjektering ved bruk av Target Value Design (Multiconsult).

Tønsbergprosjektet startet med ambisjonsnivå på leveranse med bruk av kun modell. I likhet med andre prosjektet med høye BIM-ambisjoner ble ambisjonsnivået redusert etter hvert som prosjektet går gjennom faser. Selv om prosjektet har store BIM-ambisjoner, noe de også har

vunnet pris for, skal det likevel leveres arbeidstegninger, men de har gjennomført noe produksjon tegningsløst. Armering er lagt kun ved hjelp av modell noe Skanska har hatt god erfaring med fra tidligere prosjekter.

Det er i tillegg satt opp BIM-kiosker på byggeplassen, en i hver etasje. Disse oppdateres daglig da prosjekteringen og modellen er levende og synkronisert til enhver tid. På BIM-kioskene kjøres Solibri som software for modellvisning.

Det er rapportert stor suksess for bruk av BIM-kioskene. Det er ofte kø for bruk og nyttig for avklaringer, interne diskusjoner og tverrfaglige diskusjoner.

I tillegg har basen nettbrett med Autodesk 360.

BIM-koordinatoren strukturerer informasjon ved bruk av et tilleggsprogram til Navisworks som heter iConstruct hvor informasjon blir strukturert for den tegningsløse armeringen.

Det gjøres ingen ytterligere tilpasninger av modell for andre aktører på byggeplassen, og arbeidere får tilgang til hele modellen i BIM-kiosken hvor de selv tar ut de målsetningene de trenger samt leter etter objektinformasjon.

Intervjuer

Intervjuobjektene er tilknyttet Tønsbergprosjektet og har derfor erfaring fra et prosjekt med store BIM-ambisjoner. Under vil hovedresultatene av intervjuene komme frem. Innholdet er redusert slik at det viktigste budskapet kommer frem uten å endre innholdet. Det er også sortert etter temaene i spørsmålene. Da intervjuene er gjennomført anonymt, blir intervjuobjektene/informantene angitt etter rolle:

- Ps – Prosjektsjef
- Pl – Prosjektleder
- Apl – Assisterende prosjektleder
- Bk – BIM-koordinator
- Bh - Byggherre

Bruk av BIM på byggeplassen

Informantene forteller om hvordan de opplever BIM i bruk på byggeplassen, og felles for alle er at de opplever det som nyttig.

Pl: «Jeg opplever det som et veldig nyttig verktøy, med masse muligheter. Det er bare å få ordentlig sett hele spekteret og få utnyttet det 100%. Det har vært utfordringen så langt. Alle er i en læringsprosess».

Ps: «Jeg ser et enormt godt hjelpemiddel, helt utrolig, jeg mener det ikke er godt nok i dag til å erstatte tegninger, men at det kommer til å bli det, det tror jeg. Men sånn som det er nå må vi ha tegninger ved siden av. Det vi tjener penger på er rask produksjon og sånn som nå så bruker vi mere tid på å bruke modellen enn vi ville gjort ved vanlige arbeidstegninger. Guttene ute må bli vant til å bruke det. Det er mye inn og ut i modellen for å ta mål. Men når det gjelder presisjon så er den mye mer nøyaktig enn en tegning vil være».

«De yngste er veldig interessert i det men jeg ser også at dem som lager teknisk rom, det er to eldre drevne folk, de har modellen oppe hele tiden og bruker denne aktivt».

«Arbeidstegningene brukes primært mer for å få oversikten. Det ligger arbeidstegninger i hver etasje også henter man detaljene i BIM-kiosken».

Bk: « Det er mere muligheter enn det vi klarer å ta i bruk. Litt kultur, man er ikke vant til å benytte det. Og når det er så mange mennesker så tar det lang tid før det synker inn. Man har en arbeidsoppgave man skal gjennomføre og det er begrenset hva man klarer å utvikle samtidig, arbeidsoppgavene skal gjøres samtidig som du skal tilegne deg nye måter å gjøre det på. Hvis det blir for mye nytt, bruker man for mye tid på å lære det nye».

Apl: «BIM-kiosken blir mye brukt. Og der ser vi jo at det er kø. Det er også et fint sted for baser å møtes og gå gjennom problemstillinger som dukker opp, men jeg tror ikke at hos den vanlige arbeider eller lag så vil ikke alle inneha den kunnskapen til å navigere seg inne i modellen. Alle er nok ikke klare for å bruke det. Basen har nettbrett og har mulighet til å bruke denne».

Respondentene snakker om hvordan det i en overgangsperiode, med høye BIM-krav, blir brukt nye metoder for innføring av BIM samtidig med konvensjonelle metoder for tegningsproduksjon. De mener det blir «dobbel jobb» og at det er vanskelig å kjøre de prosessene parallelt med høyt nivå og oppfølging på begge metodene.

Pl: «Man er tross alt tryggest på det man har holdt på med lengst og det er den gamle metoden med tegninger og 2D».

På prosjektet brukes BIM-kiosker primært. Dette er Skanskas utvikling siden den først ble tatt i bruk under prosjektet på Urbygningen på Ås. Dette er en modul som i Tønsbergprosjektet blir satt opp sentralt plassert i hver etasje. Det har vært god erfaring med bruk av BIM-kioskene, de er hyppig brukt og det er ofte kø for å bruke disse. De har ikke vært brukt til tverrfaglige diskusjoner eller gjennomgang av planlagt arbeid. Dette blir gjort før man kommer ut på byggeplassen. BIM-kioskene brukes primært for aktører til å sjekke løsninger eller ta ut målsetninger. I tillegg har de ulike basene nettbrett med seg ut på byggeplassen.

Respondentene snakker om hvordan første byggetrinn blir brukt som generalprøve før neste byggetrinn og at man skal ta med seg gode erfaringer over på neste trinn. De blir spurt om de kommer til å trappe opp bruken av BIM ute på byggeplass.

Bk: «Ja det tror jeg nok, det blir automatisk en større etterspørsel og forståelse. Også jobber vi med hvordan vi presenterer underlaget, enten det er på iPad eller i BIM-kiosker. At man får det man trenger på riktig måte. Vi er ikke sikre enda på hva som er den rette måten, eller jeg er ikke det. BIM-kiosken er kanskje enklere å benytte seg av sånn som det er i dag selv om denne ikke er like tilgjengelig som en iPad kan være. Vi har i tillegg hatt problemer med rekkevidde på wifi. BIM-kiosken er synkronisert mot webhotellet så den synkroniseres hver dag og det funker bra så sant det er dekning».

Pl: «Formatet i BIM-kiosken er mer hendig enn på en iPad. Man vet heller ikke helt enda hvor mange BIM-kiosker som er nødvendig før man får prøvd det ut over tid. Da ser man mer hva som er mer hensiktsmessig i neste byggetrinn. Kompetansen vil øke etter hvert som man kommer videre i prosjektet».

Respondentene blir spurt om hvem som bruker BIM-kioskene.

Pl: « Det er litt individuelt, noen er veldig flinke og noen er ikke så flinke også prøver de som er flinke å vise de ikke så flinke hvordan man navigerer og finner fram. Det er noe papirtegninger på byggeplassen men det er mer for hvis man henter ut mål fra modellen og skriver på tegningen for å slippe å huske det. Mer som en huskelapp».

Tradisjonelle arbeidstegninger i A0 1:50 blir brukt i mindre grad da det heller tas ut et utsnitt av arbeidstegningen i et enklere og mindre format av et mindre område hvor disse blir supplert med målsetninger og informasjon hentet ut fra modellen ved hjelp av BIM-kiosken.

Så langt er det bare basen som har med seg iPad på byggeplassen.

Pl: «Så langt har vi ikke sett behovet eller nytten av at noen flere skal ha iPad. De tilbakemeldingene jeg har fått har vært at det fungerer desidert best på kiosken».

Bk: «Det har vært enkelte som har spurt etter det, og det må vi se litt på. Jeg har sett på andre prosjekter og her at man kjøper inn mange iPader hvor enkelte ikke bruker de og da bare kjøpe inn for å gjøre det er unødvendig».

BIM-kiosken blir rapportert som den enkleste måten å benytte modellen. Formatet er stort og det er lettere når man kan bruke tastatur og mus. Enkelte som er godt vant til å bruke iPad daglig med flerfingerfunksjoner for navigering synes også denne metoden fungerer bra.

Ps: «Jeg tror det er et stykke frem før alle kommer til å gå med iPad på byggeplassen, det må bli BIM-kiosker som står tørt rundt omkring. Det blir veldig smått på en iPad. Formatet blir for lite og miljøet blir for røft. Det er godt mulig det blir et standardverktøy etter hvert».

Enkelte kvier seg også for å bruke modellen fordi de er redd for å ødelegge eller slette noe i modellen, eller gjøre noen endringer som vil ødelegge for nestemann. Dette virker mot sin hensikt, som er å oppfordre til bruk og læring ved utforskning.

Bk: «Det har vært store diskusjoner om vi skulle benytte BIM-kiosk i det hele tatt og heller gå for nettbrett og andre løsninger, men her har vi sett at bruken av BIM-kioskene virkelig har tatt seg opp. Uten å gjøre noe spesielt ekstra så er det flere som tar den i bruk».

Kun 3D modell som arbeidsunderlag

Respondentene snakker om hvilke utfordringer de har hatt med programvaren og at den som finnes i dag egentlig er for dårlig for å bruke 3D-modellen som eneste arbeidsgrunnlag, og at det er vanskelig å kjøre flere pilotprosjekter som skal følges opp samtidig.

Bh: «Vi tar i bruk programvare nå som er mye bedre enn den vi hadde tilgjengelig for tre år siden, så det er noe med det at vi ønsker å ha ambisjoner om å ligge lenger frem. Den eneste måten å komme programvareutvikleren bedre i møte er at vi spiller inn til dem bedre».

Ps: «Her har byggherren et enormt ambisjonsnivå om digitalisering, det er bra men det er ikke det som er priset og det er tatt forbehold om en del ting i kontrakten. Det skulle bygges for 2,7 milliarder og det så man underveis at man ikke klarte og man så at en del av de skyhøye ambisjonene ikke kunne bli oppfylt for det koster penger».

Utfordringer med programvare og kostnader er en av grunnene til at det ble tradisjonelle arbeidstegninger på prosjektet. I tillegg mente flere aktører at modellen og underlaget ikke var godt nok for prising og uttak av mengder.

I prosjektet blir det lagt vekt på det positive ved at det er to byggetrinn. I det andre byggetrinn har modellen kommet lenger i prosjekteringen før byggestart, og den kan da i større grad brukes som grunnlag både på byggeplassen men også for entreprenøren til mengdeberegninger osv.

Respondentene blir spurt hva de hadde trengt hvis neste byggetrinn kun ville bestått av 3D-modell som grunnlag for produksjonen ute på byggeplass.

Pl: «Det hadde selvfølgelig gått å bygge rett fra modellen, men jeg tror det hadde tatt mye lenger tid. Hvert fall i starten».

Bk: «Det var en innfallsvinkel i starten av prosjektet at det kun var modellen som skulle benyttes. Det var litt aha-opplevelse når vi fant ut at vi ikke hadde det vi trengte. Da vi satte oss ned i starten for å definere hva det er vi trenger kom vi fram til at vi måtte ha noe tegninger også må vi heller ta det skritt for skritt, og heller lære det først».

Ps: «Det hadde helt sikkert gått, men da må det være mange BIM-kiosker og en del nøkkelpersoner måtte hatt iPad i tillegg. Det verktøyet må ligge oppe hele tiden det kan ikke dette ned, noe som har vært et problem her. Det har vært mye frustrasjon på bakgrunn av nedetid og venting. Ikke alle stopper opp fordi det ligger nede men en del vil gjøre det. Det tror jeg er den største greia mot det».

Apl: «Hadde man for eksempel hatt en type brille der du så alt hvordan det skulle være samtidig som man gjør installasjon hadde vært helt rått. Men vi er nok ikke der helt enda».

Felles for alle respondentene er at de mener det er mulig å benytte kun modell som underlag på byggeplassen, men at det vil ta lenger tid enn å bruke 2D-tegninger.

Respondentene blir spurt om hvilke fordeler det hadde vært å kun benytte modellen som underlag.

Pl: «Hvis det ikke hadde vært papirtegninger i det hele tatt så eliminerer du helt det at du plutselig bygger etter noen gamle tegninger, som er ganske vanlig. At revisjoner kommer også

er det noen som ikke fanger opp denne også har man en gammel tegning og bygger etter denne».

Bh: «Det er ganske mange prosjekter der du fremdeles sliter med om det er riktig tegning man har. Og den nye måten vi jobber på er med på å ta vekk å bruke feil grunnlag for bygging for så måtte endre. På mange prosjekter sitter det noen å produserer etter feil grunnlag over lenger tid og det koster masse penger».

Bk: «Forståelsen er at du får mer informasjon, i starten tror jeg det kan være distraherende, men hvis du blir vant til det så tror jeg det er nyttig informasjon. Det tar nok tid før det er noe å tjene på. Det går ikke fortene for en som er vant til å se på tegninger hvis han tar opp en iPad og begynner å se på den».

Oppfatningene blant respondentene er at tidsbruken aktøren bruker på å tolke 2D-tegninger kontra 3D-modell på et tidspunkt vil jevne seg ut. Tilstrekkelig erfaring med bruk av digitale verktøy og BIM vil etter en tid gå raskere enn bruken av konvensjonelle tegninger.

Bk: «Hvis man ser på helheten så tror jeg det går kjappere å bruke BIM. Men da tenker jeg på alt fra tegningen til informasjon og mengdeuttak og bestilling. Skjer det en endring kan jeg endre mengdene og sende ut bestilling mye raskere. Tar man hele spekteret og forståelsen, ikke bare for arbeideren, men kommunikasjonen mellom han og andre, eksempelvis oss eller kollegaer der ute så er det en stor verdi. Men han som bruker modellen for første gang vil ikke produsere noe fortene».

Det er viktig at bruk av modellen på byggeplassen blir fulgt opp, og at innspill fra de ulike aktørene blir plukket opp slik at modellen kan tilpasses og vises på de måtene som byggeplassen ønsker, som igjen vil føre til at det går raskere å bruke modellen. Det blir for jernbinderen tilpasset egne visninger for å hindre at de må lage egne skisser på bakgrunn av modellen.

Bk: «Det er viktig å se på hvordan man kan få ut den informasjonen man trenger av modellen kjappest mulig. Da må man gå noen runder og tilpasse modellen og hvordan man viser det frem».

Viktigheten av å vise helheten av modellen, er tydelig. Aktører som ellers har tatt seg til rette på byggeplassen ved å endre på utførelsen i forhold til arbeidsunderlaget da han kun ser sitt eget fag på tegning får et større og helhetlig bilde av sluttresultatet.

Ps: «Du ser at du ikke kan gjøre som du vil. Det ser ut som det er plass her så da ligger vi den der. Så det hjelper deg i å disiplinere andre og egne folk. Det er noen ganger mange detaljer som på en tegning kan være vanskelig å se og da er BIM-kiosken helt fantastisk».

Selv om modellene blir store med mye informasjon har det ikke vært store problemer med håndteringen av modellene eller hastighet, noe som er en stor utvikling fra for noen år tilbake.

Den mest rapporterte tilbakemeldingen fra de tekniske aktørene om utfordringene ved å gå tegningsløst, er problemet at man ikke får god nok oversikt ved bruk av iPad. Det blir vanskelig å få oversikt på iPad, når man er vant til å lese store papirtegninger. En mulig løsning på dette kan være å utvikle en digital løsning som kan brettes ut i størrelse, som et digitalt papir.

Det er ingen av respondentene som kan rapportere noen ulemper de har sett ved å ta i bruk BIM på byggeplassen i prosjektet.

Hvordan kan modellen tilpasses ulike aktører

Å tilpasse modellen for informasjonsuttak tilpasset den enkelte aktøren på byggeplassen blir sett på som en viktig del av det å gå over til modellbasert produksjon. Samme eller ytterligere informasjon som fremkommer på tegning må med enkelthet kunne finnes i modell.

Viktigheten av å kunne navigere raskere i modellen for å spare tid på å finne akkurat det utsnittet du er på jakt etter har også stort potensiale.

Pl: «Dette er veldig lurt da dette er noe de bruker tid på, finne fram til akkurat den situasjonen de er på jakt etter. Hvis man kunne skrelle av lag for lag alt det unødvendige til du sitter igjen med det aller mest nødvendige for visualisering og informasjon for den jobben med et riktig view med målsetninger osv.».

Bk: «Hvordan komme til riktig utsnitt fortest mulig og få den informasjonen du trenger og ikke alt mulig annen informasjon. Og hvordan gjøre det automatisk slik at det ikke blir masse ekstra jobb».

Apl: «Det er ikke så veldig mye vi trenger, litt høyder og avstand til vegg så er mye gjort. Og at det blir visualisert på en forståelig måte så kunne man hatt en iPad liggende istedenfor tegning. Men igjen så er tegningen veldig fin å sette streker på og ta notater».

Det er en felles oppfatning blant respondentene at det må gå raskere å bruke det digitale verktøyet fremfor å ta frem målestokken for å ta ut de målene man trenger på papirtegning.

Målene må ligge i objektstatus eller genereres automatisk. Det må også være en god måte å få oversikt på og enkelt navigere eller angre seg tilbake, og det må i tillegg være enkelt å ta ut materiallister eller mengder for hva man skal ta med seg til det området man jobber i.

På Tønsbergprosjektet blir armeringen lagt tegningsløst, noe entreprenøren har hatt gode erfaringer med. Modellunderlaget for denne typen produksjon blir endret og tilpasset den oppgaven som skal utføres. Det blir på lik linje med denne typen tilpasninger viktig at modellen tilpasses andre typer oppgaver for ulike deler av byggeprosessen.

iConstruct blir brukt som et tilleggsværktøy til å hente ut og strukturere informasjon på objektene og hente ut akkurat det som er relevant for oppgaven i en egen fane under hvert objekt.

Foreløpig har det vært BIM-koordinatorens ansvar å tilpasse modellen for byggeplassen, men fra neste byggetrinn blir det rådgiverens ansvar, en utvikling som stiller større krav til rådgiverens involvering i produksjonsfasen.

Pl: «Det må nesten være slik at det er rådgiverens oppgave. Hadde det ikke vært slik måtte kanskje entreprenøren gått ut og kjøpt den tjenesten fra noen andre».

Bk: «Rådgiveren vil legge inn denne informasjonen på bakgrunn av input fra BIM-koordinatoren men rådgiveren er jo vant til å lage tegninger som gir det samme informasjonen. Det er en dialog som har vært der men så fort det har blitt modell så har man ikke visst helt hvordan man skal gjøre det, men nå som vi kjenner prosessen kan vi tilpasse den. Og rådgiveren er jo interessert i å lære og ta med seg det videre i neste prosjekter. Det er viktig å få rådgiveren til å være proaktiv for å lage 3D-underlag for produksjon».

BIM i produksjonen om fem år

Respondentene blir spurt om hvordan de ser for seg utviklingen og hvor de tror bruken av BIM på byggeplassen i produksjonen er om fem år.

Respondentene mener potensialet er stort. En av de store utfordringene i dag er interoperabilitet. Programvare som ikke snakker sammen fører til at samme operasjon må gjøres flere ganger. I dag er det mange forskjellige systemer å håndtere og det blir mange pålogginger med tilhørende passord.

Bk: «Jeg tror noe av det viktigste er at ting bare går mye mer flytende, at det blir mer intuitivt og slipper å tenke på pålogginger etc. Jeg er ganske sikker på at vi en gang kommer dit hvor man bruker VR på byggeplassen men kanskje ikke om fem år. Teknologien er jo der».

Pl: «Jeg håper og tror vi har kommet på et nivå hvor ting er mye mer knirkefritt enn der vi er nå. Jeg har jo lyst til å si at om fem år så tar man bare på seg VR brillene på byggeplassen i istedenfor tommestokken men jeg vet ikke helt om jeg tror på det».

Ps: «Hvis du kan få på deg noen briller også ser man hvor røt og alt går så er det vel klart at det må være framtiden men det har selvfølgelig noe å si med kostnader».

I følge respondentene blir det antagelig benyttet mer prefabrikkering fremover. Hele sprinkleranlegget til prosjektet er prefabrikkert i Sandefjord og transportert til byggeplassen. Store deler av varmesentralen er også prefabrikkert. Med mer detaljerte modeller vil prefabrikkering bli mer vanlig tror de.

IPD

Respondentene ble spurt om hvordan de opplevde et prosjekt basert på IPD (integrated project delivery) og samspillsentreprise.

Bk: «Det er vel det første prosjektet med bruk av IPD i Norge og Skandinavia. Det er ingen i prosjektet her som har vært med på tidligere. Det tar lenger tid å komme inn i strukturen for hvordan man skal samarbeide. Vi har brukt lang tid på å finne ut hvordan alle henger sammen i samme firma. Hvem tar avgjørelsen. Her er det tre parter som skal bli enig på hvert nivå. Blir ikke alle tre enige må det sendes ett nivå høyere hvor det på nytt er tre parter som skal bli enige hele veien. Det å få den prosessen til å gå fort nok har tatt tid».

Pl: «Det er en ny måte å tenke på som ikke mange er vant med. Det er en omstilling, en ny måte å tenke på. Alle sitter i samme båt og prøver å styre i samme retning. Kontra litt andre entrepriser der man sitter på hver sin tue og prøver å male sin egen tue. Her er vi sammen om å finne de gode løsningene på ting».

Apl: «Jeg tror IPD er veldig basert på at man stoler på hverandre, man jobber jo ut i fra budsjetter men likevel så må jo alle sammen tilstrebe å gjøre det så billig og effektivt som mulig. Hvis noen ikke gjør det. Det er basert på samarbeid. Jeg tror nok ikke hvem som helst går inn på IPD. Resultatet vet man ikke før man er ferdig».

Ps: «Det har vel ikke fungert så godt som jeg trodde og det tror jeg ikke jeg er alene om. I prosesser i et prosjekt så må du ha noen som driver dem. Og det var lenge der alle ventet, vi skal gjøre det sammen, men man må ha en driver og det tok det litt tid før folk begynte å skjønne».

Respondentene snakker om at det forhåpentligvis blir tatt lærdom slik at IPD blir utviklet til neste prosjekt men at et byggeprosjekt gjerne er en egen prosess med nye mennesker hver gang hvor det startes på nytt.

Ps: «Jeg har kjempetro på det. Jeg har sagt i mange år at vi må jo finne det som er totalt sett gunstigst, ikke hva du tjener på og jeg tjener på men hva som er den gunstigste veien fram til målet. Det er veldig viktig i en IPD kontrakt å ikke bare tenke profitt. Veldig mange i byggebransjen, det eneste du blir målt på er hvor mye penger du tjener. Det er ikke noe kvalitetsstempel».

Bk: «Hadde vi ikke hatt to byggetrinn her så ville vi tapt mye lærdom. Det tror jeg er veldig verdifullt. Det at vi kan overføre den kompetansen vi har nå og kan begynne på et helt annet nivå».

Pl: «Vi har fått en generalprøve på psykiatribygget før vi begynner med somatikkbygget».

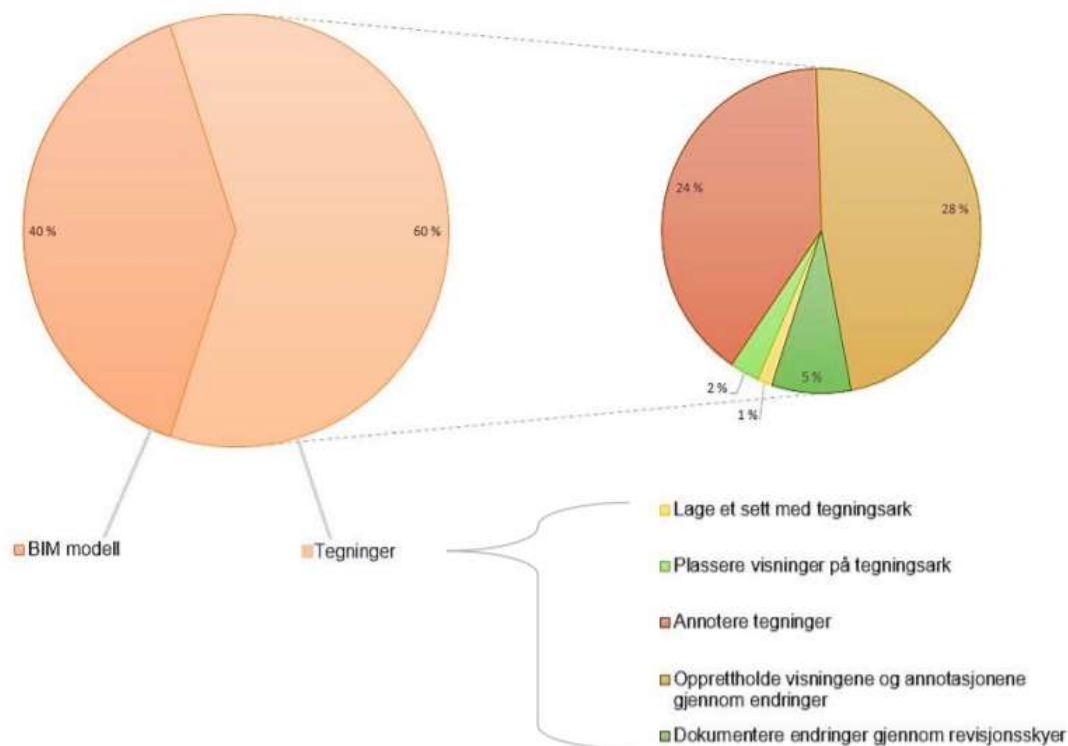
Diskusjon

Produktivitet

BIM-bruk i byggebransjen er enda på et tidlig stadium og det er enda ikke nok data og forskning til å kunne lage gode statistikker på om innføring av BIM på byggeplassen gir økt produktivitet, men det er mye som tyder på at det kan ha en stor positiv effekt.

Det er enda ikke gjennomført tegningsløse prosjekter i Europa men det er pågående prosjekter som snart er ferdig og det vil være interessant å se hva erfaringene derfra viser.

Erfaringsmessig tidsfordeling i prosjekter viser at 60% av tiden i detaljprosjekteringen av et BIM-prosjekt, brukes til produksjon, vedlikehold og administrasjon av tegninger. Det er, som intervjuobjektene påpekte, «dobbel jobb» i en slags overgangsperiode til BIM i byggebransjen. 3D-modellering og informasjon blir implementert nøyaktig i en modell hvor det i byggefasen må brukes veldig mange timer på å gjøre denne kompliserte 3D-informasjonen tilgjengelig på noe som kan leses i 2D-streker på et papir (Kensek, 2014).



Figur 9 – Bruk av tid for BIM og tegninger under detaljprosjektering (Kensek, 2014).

Modellen bør tilstrebes å gjøres tilgjengelig der verdiproduksjonen er størst og det er hos utførende aktør ute på byggeplassen.

En annen utfordring ved enkelte prosjekter der modellen er gjort tilgjengelig på byggeplassen er tvilen om hvilket grunnlag som gjelder. Da det kjøres doble prosesser for modellering og

tegningsproduksjon kan det være tvil om hvilket av disse som er gjeldende. I følge intervjuobjektene er det ikke alltid lett å kjøre disse prosessene parallelt da det ofte må prioriteres. I følge entrepriser der det leveres tegninger vil det nesten alltid være tegningene som er gjeldende kontraktsgrunnlag, noe som også fører til at aktører ute på byggeplassen heller benytter tegninger enn modell fordi dette er det mest oppdaterte underlaget.

I følge intervjuobjektene er det fortsatt store problemer på byggeplasser at det er enkelte som produserer etter feil grunnlag og tegning. Studier har vist at ca. 30% av all tid ved produksjonen brukes til å lete etter riktig tegning og siste revisjon, samt holde styr på det administrative rundt tegningsleveranser. Tegninger blir ofte revidert to ganger før de har nådd plassen med bud og kan føre til feil i produksjonen. Omgjøringsarbeider på grunn av produksjon etter feil grunnlag koster byggebransjen store summer hvert år.

En av de største rapporterte fordelene med BIM globalt er reduksjon i antall omgjøringsarbeider. Dette fordi BIM er en mye større kilde til effektiv kommunikasjon. Ved å distribuere tegninger via modellen og webhotellet med tilgang til de nyeste tegningene digitalt på byggeplassen, elimineres usikkerheten ved bruk av siste grunnlag samtidig som kommunikasjonen skjer i sanntid og det ikke blir noen forsinkelser med leveranse av tegninger til byggeplassen via et ekstra ledd. Kan tegninger knyttes direkte i modellen med link til detaljer for oppbygging av vegger, formtegninger, lister, skjemaer, etc. vil effektiviteten på byggeplassen øke.

Byggeprosessen

Det er enda slik i byggebransjen i Norge at bygging skal starte umiddelbart etter kontraktsinngåelse. Detaljprosjektering parallelt med byggeprosessen har vært en av hovedgrunnene til nedgangen i produktiviteten i bransjen og en kilde til mange feil. Omgjørings- og feilarbeider ved byggeplasser er hovedsakelig relatert til tidspress knyttet til parallelle prosesser. Presset på tegningsproduksjon overskygger gode prosesser rundt BIM. Større krav til modell og detaljerte informasjonsmodeller krever mer tid. BIM-prosesser som kollisjonskontroller og byggbarhetsanalyser, etc., krever også mer tid og kunnskap hos prosjekteringsgruppen. For å få gode byggeprosesser og høste flere fordeler av BIM bør det ikke fortsette på den konvensjonelle måten. Forskning viser at de fordelene BIM gir før byggefasen er med på å korte ned byggetiden, og potensialet i redusert byggetid ved færre omgjøringsarbeider er stort. Intervjuobjektene påpekte fordelene ved at det i Tønsbergprosjektet var to byggetrinn slik at det var mulig å utnytte BIM på et høyere nivå, da

modellen og underlaget for bygging var mye lenger enn ved første byggetrinn. De mente at mye potensiale hadde gått tapt ved første byggetrinn.

Kontraktsform og entrepris

Det må bli slik at byggherrer i større grad etterspør kvalitet og kompetanse som et evalueringskrav i kontraktsform, ikke kun pris. BIM vil også tvinge fram nye entreprisformer. Tradisjonelle hovedentrepriser, passer dårlig sammen med BIM. Fordelene med økt samarbeid og koordinering i modell krever også nye måter å jobbe på og implementering av nye prosesser.

Å få entreprenøren raskt inn i prosjektet har vist seg verdifullt uavhengig av entreprisform. Dette gjelder også underentreprenører og leverandører. Det er viktig å innføre nye prosesser der alle aktørers premisser får tid til å bli implementert. Det er gjort forsøk på dette i prosjekter, med gode erfaringer. Fordelene ved å få entreprenører og rådgivere til å ta større eierskap til modellen har vært store og viktig for implementeringen av BIM hos alle aktører i et prosjekt. utfordringer ved slike prosesser er grensesnitt mellom fag. Det er viktig at entreprenøren legger sine premisser inn i modellen og kontrollerer prosjekteringsunderlaget uten at han føler han tar jobben til rådgiveren. I et prosjekt er det tverrfaglige grensesnittet viktig, men vanskelig. Det er viktig at det finnes nye roller i prosjekter som leder prosesser rundt grensesnitt på en god måte.

Totalentrepriser passer godt for BIM, men delegerer mye ansvar og risiko på entreprenøren. For å få gode BIM-prosjekter har det vist seg å være viktig med en aktiv byggherre og en entreprenør med mye erfaring. Samspillsentrepriser der overskridelser/underskridelser fordeles mellom aktører passer godt for innføring av BIM da det fordeler risiko og fører til bedre samarbeid. Alle er med og hjelper hverandre for å nå et felles mål og få et best mulig bygg med størst mulig overskudd. Det er likevel ikke alle som ønsker å inngå et slikt samarbeid da byggebransjen har vært preget av diverse useriøse aktører.

IPD

Samspillsentreprise bygger mye på prinsipper for IPD. IPD er en ny kontraktsform som passer godt med BIM. Ideen om at alle aktører i prosjektet skal få et større ansvar og eierskapsforhold til sluttproduktet og modellen er viktig. Forskning og erfaring viser at for å få til gode BIM-prosjekter må hele prosjektorganisasjonen endres, og strukturer som konvensjonelt blir benyttet ikke fungerer godt. Oppbygning av strukturer rundt prosjekter må defineres rundt BIM med nye roller.

Alle intervjuobjektene har hatt gode erfaringer med bruk av IPD. Dette har fungert bra og bidratt til mer åpen kommunikasjon der tvister løses raskt og effektivt, men det har vært usikkerhet knyttet til prosessen og hvem som leder denne. Det er viktig å ha noen som driver prosessen videre og tar beslutninger uten at det hindrer godt samarbeid. Det er viktig at slike entreprisformer blir forsket på og analysert for å bli optimalisert og endret til bruk i andre prosjekter. Det er viktig å ha noen som leder prosessen. Fokus på økt samhandling på kryss av aktører og grensesnitt krever mer av de som skal lede prosjektet.

Samlokalisering

Samlokalisering av alle aktørene i prosjektet på et tidlig stadium har vært en trend i byggebransjen, også uavhengig av BIM-ambisjoner. Fordelene ved samlokalisering har vært effektive og tydelige. Når alle aktørene sitter på samme kontor gir det automatisk større grad av samhandling. Veier for kommunikasjon blir kortere da også beslutningsveiene blir kortere. Tradisjonelle metoder for kommunikasjon og samhandling er på vei ut. E-post blir allerede sett på som utdatert for kommunikasjon og samhandling, og nye måter for informasjonsutveksling og dokumentasjonshåndtering er store satsningsområder blant programutviklere.

Forskning fra NTNU (Andersen, 2013) viser at 80% av problemene i produksjonen knyttet til tegninger kunne spores tilbake til grensesnittet mellom fagene. Dette anslaget er knyttet til den samlede belastningen. Det kom fram at de fagene som satt samlokalisert jobbet bedre tverrfaglig og at det her var mye mindre problemer knyttet til grensesnitt og samsvar mellom tegninger av ulike fag enn det var for de fagene som ikke satt samlokalisert. Erfaringen var også at tegningsgrunnlaget fra fag som hadde sittet samlokalisert var høyere enn «standard».

En ulempe ved samlokalisering som enkelte bedrifter har erfart har vært eierskapsforholdet til egen bedrift. Byggeprosesser varer over lenger tid, ofte over flere år, og å sitte på felles prosjektkontor kan svekke tilhørigheten til bedriften man er ansatt i. Det er også sett at det brukes til rekruttering noe som kan skape konflikt.

BIM på byggeplassen

Hovedsakelig er det 2D-tegninger som blir brukt ved byggeplassen i dag. Det er tegninger som er kontraktsgrunnlaget tradisjonelt og adopsjonen av BIM på byggeplassen har vært liten. Dette er i stadig endring og flere programutviklere utvikler programmer direkte knyttet opp mot byggeplass. Dagens løsninger for utnyttelse av 3D-modell til produksjon har vært for dårlig. I følge respondentene er det viktig at bruk av modellen tar mindre tid enn bruk av

papirtegninger. Dette sammen med generelt negative holdninger til 3D-modeller og bruk av digitale verktøy hos enkelte, hindrer bruk av modellen på byggeplass.

Tegningsproduksjon parallelt med modellbasert prosjektering fører til dårligere koordinering i BIM, som gir tydelige kvalitetsavvik, slik at selv om arbeidslaget får tilgang til modellen ute på byggeplassen opplever de at denne ikke er oppdatert (Andersen, 2013). Hadde tid knyttet til tegningsproduksjon vært benyttet til å heve kvalitetsnivået på modellen, og det hadde vært tid til å kjøre mer omfattende kontroller og analyser (kollisjonskontroller og byggbarhetsanalyser) av underlaget, hadde kanskje dette vært godt nok for byggeplassen som eneste underlag for produksjon.

Forutsetninger for bruk av BIM på byggeplass

Det er viktig at det tidlig kommer inn prosesser som samlokaliserer entreprenør og rådgiver der entreprenøren kan legge inn sine forutsetninger og prinsipper for modellen samt følger prosjekteringen. Prosessene må utvikles slik at entreprenøren tar eierskap til modellen og er med på å utvikle denne i retning produksjonsleddet uten at entreprenøren føler han tar over jobben til rådgiveren. Forskning viser at der entreprenøren og rådgiveren satt samlokalisert under prosjekteringsfasen ble BIM benyttet i mye større grad ute på byggeplassen (Andersen, 2013).

Dette er også de samme erfaringene respondentene har hatt. De har sittet samlokalisert i samme rom som rådgiveren og fulgt modellen over lang tid og modellen blir i stor grad benyttet ute på byggeplassen som grunnlag for produksjon der tegninger blir brukt som et supplement og for notater, etc.

Nye roller under byggeprosjekter med ansvar for koordineringen mellom rådgiver og entreprenør vil være viktig. Veldig ofte blir det kun fokusert enfaglig mellom forskjellige aktører og ikke tverrfaglig og helhetlig. Det er viktig å holde samarbeidet vedlike også når rådgiveren mener seg ferdig med underlaget. Bygge-funksjonalitet er spisskompetanse hos de utførende og selv om BIM gjør byggbarhetsanalyser bedre og mer effektivt er det også viktig at de utførende ikke får produksjonsgrunnlaget rett før oppstart av arbeidene. Samtidig må rådgiveren endre sine modeller etter de innspillene som kommer og det er vesentlig at tid settes av slik at rådgiveren også får en større rolle, tilknytning og eierskap til den produksjonen som skjer på byggeplassen.

For å få til et tegningsløst byggeprosjekt med bruk av BIM som produksjonsgrunnlag, er det viktig at dette blir omfavnet i hele prosjektorganisasjonen. Det er viktig for utarbeidelse av nye rutiner og måter å jobbe på at alle får et eierskap og en stolthet til modellen, noe som kan være et problem i store prosjekter som varer over lengre tid der det er stor utskiftelse av arbeidskraft. Det er ikke alltid like lett å få nye prosjektmedarbeidere til å ta samme eierskap til modellen. Utskiftning av prosjektmedarbeidere har også vist seg en utfordring for samhandling selv når prosjekter er samlokalisert. Det tar tid å knytte kjennskap og relasjoner til hverandre. Ingen av respondentene har opplevd problemer knyttet til dette men påpeker at det stort sett har vært de samme menneskene hele veien og at man har hatt gode relasjoner. Dette er viktig i et IPD prosjekt der resultatet baserer seg på tillitt og samarbeid.

For at et prosjekt skal kunne erstatte tegninger med modell for produksjon, kreves det at rådgiveren tar nye roller. Modellen må være minst like god som tegningene, noe som krever tilpasninger av modellen for at entreprenøren med enkelthet skal kunne benytte denne som erstatning. Hovedfokuset til respondentene er at det må ta kortere tid for entreprenøren å benytte modellen framfor tegninger. Mye av dette handler om opplæring og her bør rådgiveren bistå entreprenøren med den opplæringen som vil være tilstrekkelig for å raskere benytte modellen, men modellen må også tilpasses på samme måte som tegninger blir produsert på bakgrunn av modell. Ferdig definerte 3D-visninger med målsetninger og fokus på utførelse er en måte å gjøre dette på. Tilpasninger og strukturering av informasjonsparametre på objektnivå med parametre knyttet til ulike aktører med informasjon tilstrekkelig og bedre enn den som finnes på tegning er viktig. Foreløpig har entreprenøren fått tilgang til en sammenstillingsfil basert på en sammensetning av modeller fra alle fag, noe som fører til for store mengder informasjon, også unyttig og irrelevant informasjon. Modellen må struktureres og direkte leveres til ulike aktører på en effektiv måte som gir de ulike aktørene ute på byggeplassen kun nødvendig informasjon med fordelene som ligger i visualiseringen av det ferdige resultatet samt grensesnitt mellom fag.

I dag er det BIM-kiosken som blir rapportert av respondentene som mest brukt fordi formatet er større og navigeringen er enklere. Programvare spesifikt utviklet for bruk på byggeplassen må utvikles. I dag finnes det ingen verktøy som gjør dette godt nok. Navigering i modell fra mobile enheter, som nettbrett, med flere fingre må gjøres mer intuitivt og formannsvennlig med automatiserte funksjoner for målsetninger og annet informasjonsuttak. Mulighet for å sette opp ulike 3D-visninger med snitt for «installasjonspakker» eller «arbeidspakker» i 3D er viktig for å gjøre navigering raskere. Automatisk generering av utsnitt fra modell basert på

objektparametere eller romvolumer blir også sett på som viktig, dette kan være fremdriftssoner eller andre parametere. Visualisering ved fargekoding blir også sett på som viktig for enkelt informasjonsuttak. Det vil da bli enklere å benytte seg av et mindre format som er mer mobilt enn BIM-kiosker. Det er et gap i dag når det kommer til programvare knyttet mot produksjonen på byggeplass.

Det har vært gjort erfaringer med delvis tegningsløse prosjekter i Norge i dag, og det er flere pågående prosjekter som kjøres helt tegningsløst. 3D-armering er et område som har hatt stor suksess der modellen erstatter armeringstegninger, bøyelister, osv. noe som har fungert godt. Det må tas med erfaringer fra dette og tilpasse det til konstruksjonen i andre ledd av produksjonen. Tegningsløse prosjekter vil bli mer vanlig i fremtiden.

Veien videre

Utvikling av programvare og verktøy som er tilpasset de ulike fagarbeiderne på byggeplassen med automatisk generering av et brukergrensesnitt godt nok for modellbasert bygging er viktig. Modellen må gi aktørene tilstrekkelig informasjon til å utføre de samme arbeidsoppgavene mer effektivt og tidsbesparende enn i dag. Dette er viktig for å komme nærmere en tegningsfri byggeplass.

Det er også viktig at det ved kontrakter er modellen som er gjeldene. Hvis det er tvil om hvilket grunnlag som er det siste og mest oppdaterte og hvilket som er grunnlag for produksjonen, må hele prosjektet orienteres rundt BIM i sentrum. Dette vil igjen automatisk gi mindre etterspørsel etter tegninger.

Referanser

- AIA. (2007). *Integrated Project Delivery*. Retrieved from <http://aiacc.org/wp-content/uploads/2010/07/A-Working-Definition-V2-final.pdf>
- Andersen, L. (2013). *Samhandling i prosjektering og bygging*. Retrieved from NTNU: https://samforsk.no/SiteAssets/Sider/publikasjoner/Rapport_Samhandling%20i%20prosjektering%20og%20bygging_LA_16%2009%202013_WEB.pdf
- Aram, S., Eastman, C., & Sacks, R. (2013). Requirements for BIM platforms in the concrete reinforcement supply chain. *Automation in Construction*, Vol.35, pp.1-17.
- Aune, B. O. (Producer). (2018). Nedre Otta Kraftverk. [PowerPoint] Retrieved from http://wpstatic.idium.no/geoforum.no/2018/02/5_Aune.-Nedre-Otta-kraftverk.pdf
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2015). Building information modelling (BIM): now and beyond. *Construction Economics and Building*, Vol.12(4), pp.15-28.
- Barlish, K., & Sullivan, K. (2012). How to measure the benefits of BIM — A case study approach. *Automation in Construction*, Vol.24, pp.149-159.
- Bedric, J. (2013). A Level of Development Specification for BIM Processes. *AECbytes*.
- Befring, E. (2015). Kvantitativ metode. Retrieved from <https://www.etikkom.no/FBIB/Introduksjon/Metoder-og-tilnarminger/Kvantitativ-metode/>
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, Vol.31(7), pp.971-980.
- Bråthen, K., & Moum, A. (2016). Bridging the gap: bringing BIM to construction workers. *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol.23(6), pp.751-764.
- Budarina, O. (2017). *Effektivisering av byggeprosessen ved bruk av modellbasert bygging*. NMBU, buildingSMART. Hva er åpenBIM? Retrieved from <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim>
- buildingSMART. åpenBIM - en digital måte å bygge smartere på. Retrieved from https://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/buildingsmart_brosjyre.pdf
- BuildingSMART. (2014a). buildingSMART Datamodell. Retrieved from <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell>
- buildingSMART. (2014b). Skal vi videre må byggeprosessen industrialiseres. Retrieved from <https://buildingsmart.no/nyhetsbrev/2013-10/skal-vi-videre-ma-byggeprosessen-industrialiseres>
- Dahl-Mortensen, E., & Smith, B. H. (Producer). (2016). Tegningsløs prosjektering og bygging. [PowerPoint] Retrieved from http://www.denkloketeknologi.no/fileadmin/red/PDF/Foredrag_2016/21_Smisto_Smith.pdf
- Davies, R., & Harty, C. (2013). Implementing 'Site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project. *Automation in Construction*, Vol.30, pp.15-24.
- Difi. (2017). Gjennomføringsmodeller - BAE. Retrieved from <https://www.anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendom-bae/gjennomforingsmodeller>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Eikeland, P. T. (2001). *Teoretisk analyse av byggeprosesser*. Retrieved from <http://pte.no/pdf/TeoretiskAnalyse.pdf>
- Fangen, K. (2015). Kvalitativ metode. Retrieved from <https://www.etikkom.no/FBIB/Introduksjon/Metoder-og-tilnarminger/Kvalitativ-metode/>
- Grilo, A., & Jardim-Goncalves, R. (2010). Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction*, Vol.19(5), pp.522-530.
- Grong, L. K. (2013). *BIM i produksjon*. NTNU,
- Gu, N., & London, K. (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automation in Construction*, Vol.19(8), pp.988-999.
- Hagelund, T. O. (2013). *Optimalisering av planlegging av framdrift i byggeprosess ved hjelp av BIM*. Høgskolen i Gjøvik,

- Hardin, B. (2015). *BIM and construction management : proven tools, methods, and workflows*: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Harstad, E. B. (2015). *Hvordan nettbrett kan forbedre kommunikasjon i byggeprosjekter*. NTNU,
- Hellum, M. E. (2015). *Increasing Utility Value of BIM in All Project Phases*. NTNU,
- Hewage, K. N., & Ruwanpura, J. Y. (2009). A novel solution for construction on-site communication the information booth. *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol.36(4), pp.659-671.
- Karud, O. J. (2014). Hvordan måle produktivitet? Retrieved from <http://catenda.no/nb/archives/1945>
- Kensek, K. M. (2014). *Building information modeling : BIM in current and future practice*.
- Kimoto, K., Endo, K., Iwashita, S., & Fujiwara, M. (2005). The application of PDA as mobile computing system on construction management. *Automation in Construction*, Vol.14(4), pp.500-511.
- Langlo, J. A., Bakken, S., Karud, O. J., Malm, E., & Andersen, B. (2013). *Måling av produktivitet og prestasjoner i byggenæringen*. Retrieved from Sintef.no
- Linderoth, H. C. J. (2010). Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks. *Automation in Construction*, Vol.19(1), pp.66-72.
- McGraw Hill Construction. (2013a). *The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets*. Retrieved from http://images.marketing.construction.com/Web/DDA/%7B29cf4e75-c47d-4b73-84f7-c228c68592d5%7D_Business_Value_of_BIM_for_Construction_in_Global_Markets.pdf
- McGraw Hill Construction. (2013b). *Information Mobility*. Retrieved from http://images.marketing.construction.com/Web/DDA/%7B464310f0-716f-450e-983a-6c896a58507e%7D_Information_Mobility_SMR.pdf
- Merschbrock, C., & Rolfsen, C. N. (2016). BIM technology acceptance among reinforcement workers - the case of Oslo airport's terminal 2. *Journal of Information Technology in Construction*, Vol.21(pp.1-12).
- Multiconsult. Tønsbergprosjektet. Retrieved from <https://www.multiconsult.no/prosjekter/tonsbergprosjektet/>
- Munthe-Kaas, T. S. (2015). *Lean Design versus tradisjonell prosjekteringstilnærming*. NTNU,
- Murvold, V., & Vestermo, A. (2016). *Bruk av BIM-kiosker i produksjonsfasen av byggeprosjekter*. NTNU,
- Nikas, A., Poulymenakou, A., & Kriaris, P. (2007). Investigating antecedents and drivers affecting the adoption of collaboration technologies in the construction industry. *Automation in Construction*, Vol.16(5), pp.632-641.
- practical BIM. (2013). Retrieved from <http://practicalbim.blogspot.no/2013/03/what-is-this-thing-called-iod.html>
- Ræder, M. (2015). En ny generasjon arkitekter finner formen. Retrieved from <https://buildingsmart.no/nyhetsbrev/2015-02/en-ny-generasjon-arkitekter-finner-formen>
- Sacks, R., Radosavljevic, M., & Barak, R. (2010). Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. *Automation in Construction*, Vol.19(5), pp.641-655.
- Sander, K. (2017a). Casestudie. Retrieved from <https://estudie.no/casestudie/>
- Sander, K. (2017b). Hva er forskningsdesign. Retrieved from <https://estudie.no/hva-er-forskningsdesign/>
- Sander, K. (2017c). Induktiv og deduktiv studier. Retrieved from <https://estudie.no/induktiv-deduktiv/>
- Seehusen, J. (2011). Drastisk fall i produktivitet. Retrieved from <https://www.tu.no/artikler/drastisk-fall-i-produktivitet/246917>
- Selvær, H. (2017). *Systematisk abstraksjon som verktøy i ICE-prosesser*. http://www.denkloketeknologi.no/fileadmin/red/PDF/Foredrag_2017/23_Systematisk_abstraksjon_Selvaer.pdf
- Smith, P. (2014). BIM Implementation – Global Strategies. *Procedia Engineering*, Vol.85, pp.482-492.
- Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2012). Measuring BIM performance: Five metrics. *Architectural Engineering and Design Management*, Vol.8(2), p.120-142.

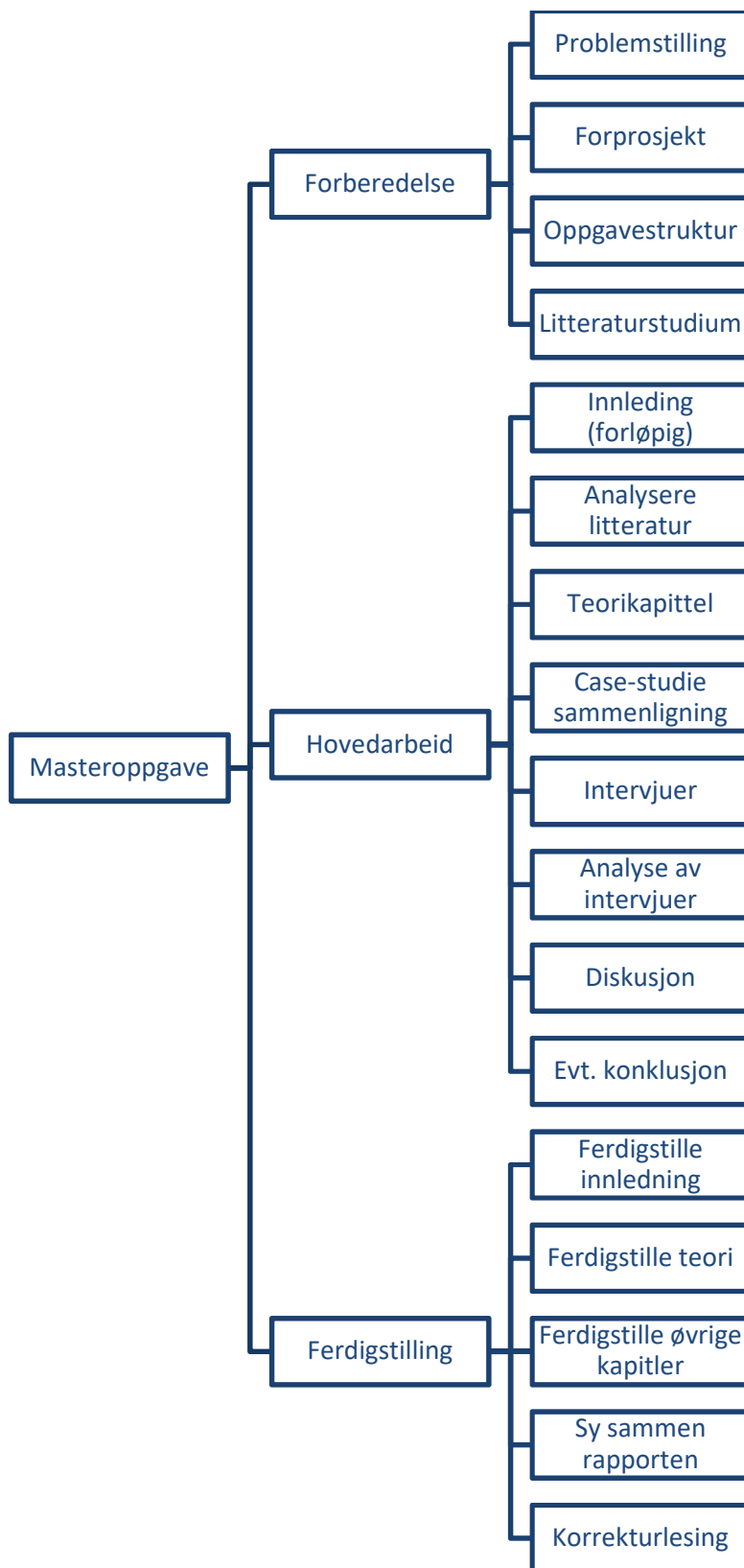
- Thomsen, C., Darrington, J., Dunne, D., & Lichtig, W. (2009). *Managing Integrated Project Delivery*. Retrieved from CMAA: https://cmaanet.org/files/shared/ng_Integrated_Project_Delivery_11-19-09_2_.pdf
- van Berlo, L. A. H. M., & Natrop, M. G. (2015). BIM on the construction site: Generating on demand, task specific drawings in the site office. *Journal of Information Technology in Construction*, 20, 97-106.
- Vandezande, J., Krygiel, E., & Read, P. (2013). *Mastering Autodesk Revit Architecture 2014: Autodesk Official Press*.
- Venugopal, M., Eastman, C. M., Sacks, R., & Teizer, J. (2012). Semantics of model views for information exchanges using the industry foundation class schema. *Advanced Engineering Informatics*, Vol.26(2), pp.411-428.
- Vestergaard, F., Karlshøj, J., Hauch, P., Lambrecht, J., & Mouritsen, J. (2012). *Måling af økonomiske gevinster ved Det Digitale Byggeri*. DTU,
- Wang, X., & Chong, H.-Y. (2015). Setting new trends of integrated Building Information Modelling (BIM) for construction industry. *Construction Innovation*, Vol.15(1), pp.2-6.
- Wang, X., Love, P. E. D., Kim, M. J., Park, C.-S., Sing, C.-P., & Hou, L. (2013). A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality. *Automation in Construction*, Vol.34, pp.37-44.

Vedlegg 1 – Intervjuguide (semistrukturert)

- 1 - Hvilken rolle har du i prosjektet?
- 2 - Hvor mange års erfaring har du i bygge- og anleggsbransjen?
- 3 - Hvordan vil du beskrive din kunnskap om BIM?
- 4 - Hvordan opplever du bruk av BIM i prosjektet?
- 5 - Hvordan opplever du bruk av IPD?
- 6 - Er det planlagt å bruke BIM ute på byggeplassen?
- 7 - Hvilke erfaringer har du med å ta i bruk BIM ute på byggeplassen?
- 8 - Hvordan mener du er den beste måten å gjøre modellen tilgjengelig på byggeplassen?
- 9 - Hvilke fordeler har det å gjøre modellen tilgjengelig på byggeplassen?
- 10 - Hvilke ulemper?
- 11 - Hva tror du er årsaken til at modellen ikke blir brukt i større grad på byggeplassen?
- 12 - Mange prosjekter starter opp med store ambisjoner innen BIM og kun leveranse av modell osv. for så å ende med konvensjonelle arbeidstegninger. Hvorfor tror du dette er tilfelle?
- 13 - Hvilke utfordringer/barrierer er det ved å bytte ut tradisjonelle arbeidstegninger med produksjon direkte fra modell?
- 14 - Hvilke forutsetninger mellom entreprenør og rådgiver må til for å tilpasse modellen for modellbasert produksjon?
- 14 - Hvor tror du modellen er ute på byggeplassen om fem år?
- 15 - Er det noe mer du ønsker å legge til?

Vedlegg 2 - Prosjektnedbrytningsstruktur

Det er laget en enkel struktur for oppgaven som vist i figuren under.



Vedlegg 3 - Tidsplan

Det er også utviklet en fremdriftsplan for masterprosjektet 2018. Den vises i tabell under:

Fremdriftsplan for masterprosjektet 2018

