



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgave 2017 30 stp  
Fakultet for realfag og teknologi

## **Mulige gevinster ved bruk av 4D BIM hos mindre entreprenører**

Possible gains 4D BIM may provide when used by a  
smaller contractors

Peter Reilstad  
Byggeteknikk og Arkitektur



## Sammendrag

Bygnings informasjons modellering er blitt en anerkjent metode for planlegging og samhandling i bygge bransjen. Dette gjør at det i de fleste større byggeprosjekter deles bygnings informasjons modeller, selv om graden av samhandling ikke er definert. 4D BIM handler om at man i tillegg til å ha en 3 dimensjonal BIM-modell, tilegner modellen tidsrelatert informasjon. I denne studien har formålet vært å beskrive utfordringer knyttet til å ta i bruk 4D BIM hos mindre entreprenører, og se nærmere på hvilke mulige gevinster en 4D modell kan gi en mindre entreprenør. For å komme fram til et resultat i studien er det blitt gjennomført en case studie, hvor data har blitt samlet inn ved bruk av flere metoder. Det har blitt intervjuet 3 sentrale personer hos entreprenøren om prosjektstyring og entreprenørens fokus på BIM. Det ble produsert en 4D modell for å belyse utfordringene knyttet til å ta i bruk 4D BIM hos entreprenøren. Og det ble intervjuet flere prosjektdeltakere om potensialet de ser i bruken av 4D BIM, med et oppfølgende spørreskjema. Ved bruk av dataen samlet inn i casen, blir det forsøkt å besvare problemstillingen:

«Hvilke mulige gevinster kan man oppnå ved bruk av 4D BIM hos en mindre entreprenør?»

Etter å ha redusert, analysert og tolket dataene opp mot allerede eksisterende teori, har det kommet fram til dette resultatet. En mindre entreprenør har mulighet til å oppnå flere mulige gevinster ved å ta i bruk 4D BIM i sine prosjekter. Dette er gevinstene å sikre at hele bygget er tatt hensyn til i planleggingsprosessen, visualisere om det oppstår tid-rom konflikter mellom fag, og hjelpe planlegger å holde kontroll på endringer i framdriftsplanen. 4D modellen vil i tillegg kunne gi mulige gevinster som å forbedre brukernes forståelse av omfattende framdriftsplaner, forbedre formidling til brukere med lite kunnskap og erfaring, forbedre kommunikasjonen, motivere og åpne for bedre medvirkning fra prosjektdeltakere.

For å oppnå disse gevinstene er det anbefalt at entreprenøren inngår et tettere samarbeid med prosjekterende, hvor de blant annet stiller krav til objektstørrelser, struktur og informasjon i modellen. I resultatet kommer det også tydelig fram at gevinstene man kan oppnå begrenses av brukernes datakompetanse, det vil derfor kreve en innarbeiding av metoden hos entreprenøren før man vil kunne oppnå fullt utbytte av gevinstene. 4D BIM vil være et nyttig hjelpemiddel for prosjektlederen til å planlegge og formidle gjennomføringen av prosjekt, men stort fokus på dette vil kunne begrense prosjektlederens frihet og fleksibilitet på hvordan framdriftsplanleggingen skal gjennomføres.



## Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved Fakultet for realfag og teknologi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, våren 2017. Oppgaven omhandler temaet 4D BIM, som er et tema jeg har fått interesse for i løpet av studietiden. Jeg ønsket dermed å gjennomføre en oppgave på dette temaet. Oppgaven markerer med dette slutten på min 5-årige mastergrad i Byggeteknikk og Arkitektur, hvor jeg har hatt fordypning i bygningsplanlegging.

Masteroppgaven er utført i samarbeid med Masiv Bygg AS. Bedriften var i likhet med meg interessert i å se på mulighetene 4D BIM kan gi de som bedrift, det ble derfor inngått et samarbeid hvor jeg fikk mulighet til å studere temaet gjennom bedriften.

Jeg vil takke veileder Leif Daniel Houck for innspill og hjelp gjennom oppgaven. Jeg vil takke Masiv Bygg for samarbeidet og interessen de har vist for oppgaven min. Ikke minst vil jeg takke kone og datter for støtten og tålmodigheten de har vist meg i løpet av oppgaveskrivingen.

Ås, Mai 2017

Peter Reilstad



## Abstract

Building information modelling (BIM) is a common tool for planning and communicating building information in the AEC industry. The technology is used by many architects and engineers, which means that access to a building information model (BIM-model) is normal in most of the greater building projects. By using 4D BIM tools it's possible to attach time-related information to the BIM-model to improve the progress scheduling. This master thesis is about the gains of attaching time-related information to a BIM-model to visualize the construction processes. The aim of this thesis is to examine the challenges small contractors facing related to using 4D BIM in the planning and construction processes, and give a description of the possible gains a 4D model may provide to a smaller contractor.

This study is done in collaboration with the contractor Masiv Bygg AS. By conducting interviews of several employees, the contractor's way of planning and focus on their use of BIM has been described. There has been produced a 4D model for one of the contractor projects, with the purpose of detecting challenges related to using 4D BIM in the contractor projects. The produced 4D model was also used to interview project participants about their view on the potential of the 4D model. By analyzing the result, we try to answer this issue:

What possible gains may 4D BIM provide when used by a smaller contractor?

In the result of this study there was detected several possible gains a smaller contractor may get by using 4D BIM in their projects. This is the gains of insure that the project planner have including all aspects of the building in the progress schedule, visualize time-space conflicts between activities which will help the planner make a more realistic progress schedule and help project planner to keep control when the progress schedule is changed. The use of a 4D model to communicate the plan may give possible gains like better understanding of a comprehensive progress schedule, give a better convey of the progress schedule to users with limited experience and knowledge, provide greater assurance of proper understanding of the progress schedule, motivates and give project participants a greater opportunity to participate.

It was also detected some challenges due to the use of 4D BIM at a smaller contractor. It therefore recommended that the contractor collaborates with the designers to increase the efficiency of producing a 4D model, by ensure that the BIM-models is adopted to the contractors use in a 4D model. The gains 4D BIM can give also are limited by the project participant's computer knowledge, which involves a great need of training to gain the benefits of 4D BIM. 4D BIM will give many advantages for the project planner, but this will demand changes in how the project planners works and reduce the planner's flexibility





# Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	11
1.1	Bakgrunn for valg av tema.....	11
1.2	Formål med oppgaven.....	11
1.3	Problemstilling.....	12
2	Teori.....	13
2.1	Prosjektstyring.....	13
2.1.1	Styringsløyfen: .....	13
2.1.2	Styringsfaktorer:.....	14
2.2	Planlegging .....	14
2.2.1	Generelt om planlegging:.....	14
2.2.2	Framdriftsplanlegging.....	15
2.2.3	Gantt-diagram .....	16
2.2.4	Milepælsplanlegging.....	17
2.2.5	Nettverksplanlegging.....	17
2.3	Kommunikasjon.....	20
2.4	BIM .....	21
2.4.1	Bygnings Informasjons Modell .....	21
2.4.2	Bygnings Informasjons Modelling (BIM) .....	22
2.4.3	Åpen BIM .....	23
2.4.4	Nivåer av samhandling .....	24
2.5	4D BIM.....	25
2.5.1	Kriterier for å skape en 4D modell .....	25
2.5.2	4D Modellerings prosessen: .....	26
2.5.3	Anbefalinger ved 4D modellering:.....	27
2.5.4	Fordelen 4D BIM gir framfor kritisk vei .....	28
2.5.5	Bruksområder for 4D BIM .....	30
2.4.5	4D prosess .....	31

3	Metode .....	33
3.1	Valg av metode for innsamling av data .....	33
3.2	Casestudie med intervju .....	34
3.2.1	Valg av case .....	34
3.2.2	Innsamling av data .....	36
3.2.3	Behandling av data .....	38
3.2.4	Evaluering av metoden .....	38
4	Resultater .....	40
4.1	Intervju om Masiv Bygg .....	40
4.1.1	Bedriften .....	40
4.1.2	Framdriftsplanlegging .....	41
4.1.3	Ressursplanlegging .....	43
4.1.4	Bruk av BIM .....	44
4.2	En 4D modell .....	45
4.2.1	Valg av program: .....	45
4.2.2	Innføring i programmet .....	46
4.2.3	Import og evaluering av framdriftsplan .....	46
4.2.4	Import og evaluering av BIM modeller .....	48
4.2.5	Sammenkobling mellom framdrift og modell .....	50
4.3	Intervju om modellen .....	59
4.3.1	Gantt-diagram .....	59
4.3.2	4D BIM .....	63
5	Diskusjon .....	71
5.1	Muligheten for å benytte en 4D modell .....	71
5.1.1	4D modellen: .....	71
5.1.2	Utfordringer ved å produsere en 4D modell .....	74
5.1.3	Entreprenørens mulighet til å benytte 4D BIM i sine prosjekter? .....	77
5.2	Mulige gevinster 4D BIM kan gi .....	81

5.2.1	Planleggingsverktøy.....	81
5.2.2	Presentasjonsverktøy .....	86
6	Konklusjon .....	93
7	Videre arbeid .....	96
8	Kilder.....	97
9	Vedlegg.....	99
Vedlegg 1	Intervjuguide 1 – Intervju om bedriften.....	99
Vedlegg 2	Intervjuguide 2 – Intervju om 4D modellen .....	101
Vedlegg 3	Spørreskjema om 4D BIM.....	103

## Figurliste

FIGUR 1: FIGUREN VISER WESTHAGEN, ET AL.(1995) SIN BESKRIVELSE AV SYRINGSSLØYFEN .....	13
FIGUR 2: ILLUSTRASJON AV PROSJEKTET 40FEMTI, <a href="http://40FEMTI.NO/OM-PROSJEKTET/">HTTP://40FEMTI.NO/OM-PROSJEKTET/</a> .....	35
FIGUR 3: UTSNITT AV FRAMDRIFTSPANEN TIL 40FEMTI .....	46
FIGUR 4: BIM-MODELLEN FRA ARK .....	48
FIGUR 5: BIM-MODELLEN FRA RIB .....	49
FIGUR 6: GRUPPERING AV HULLDEKKE OVER U. ETG. GRUPPERINGEN ER MARKERT MED LILLA .....	51
FIGUR 7: DELING AV FASADEOBJEKTER .....	52
FIGUR 8: FARGEVALG FOR AKTIVITETENE.....	53
FIGUR 9: INFORMASJON TILFØRT FRAMDRIFTSPANEN .....	54
FIGUR 10: VINDU FOR LAGING AV REGLER FOR AUTOMATISK KOBLING I SYNCHRO PRO .....	55
FIGUR 11: MARKERING AV OBJEKTER OG AKTIVITETER FOR AUTOMATISK KOBLING .....	56
FIGUR 12: RESTERENDE OBJEKTER ETTER AUTOMATISK KOBLING.....	56
FIGUR 13: DØRER KOBLET TIL FEIL AKTIVITET. DØRENE ER MARKERT ORANGE.....	57
FIGUR 14: MARKERING AV ROM MED PÅGÅENDE AKTIVITET .....	58
FIGUR 15: ØYEBLIKSILDE, 20.11.17 .....	63
FIGUR 16: ØYEBLIKSILDE, 04.12.17 .....	63
FIGUR 17: ØYEBLIKSILDE, 18.12.17 .....	63
FIGUR 18: ØYEBLIKSILDE, 18.12.17 .....	63
FIGUR 19: SKJERMBILDE AV VIDEO .....	65
FIGUR 20: SKJERMBILDE AV PROGRAMMET SYNCHRO PRO.....	67

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn for valg av tema

Ved utførelse av byggeprosjekter er det mange aktører som skal involveres og aktiviteter som skal koordineres. Det er da viktig med en god kommunikasjon i prosjektet for å oppnå best mulig flyt. Forsinkelser i prosjektet kan få store konsekvenser og kan føre til forsinket ferdigstillelse, dårlig økonomi, kvalitet og HMS. Som følge av manglende informasjonsgrunnlag og mange fag som skal koordineres, er det mye usikkerhet knyttet til planlegging og styring av prosjekter. Det er da spesielt viktig av prosjektet har en gjennomtenkt plan og god kommunikasjon rundt utførelse.

Bygnings Informasjons Modellering(BIM) derimot omhandler den modelleringsteknologien og tilhørende prosesser for å produsere, kommunisere og analysere Bygnings Informasjons Modeller (Eastman, et al., (2011)). BIM er blitt en anerkjent måte å planlegge og samhandle på i byggeprosjekter, og de fleste Arkitekter og Rådgivende ingeniører benytter BIM ved planlegging av større byggeprosjekter. Derfor deles BIM-modeller mellom de involverte i prosjekteringsteamet til fleste større prosjekter, selv om graden av samhandling ikke er definert. Bruken av BIM tilrettelegger for deling av bygningsinformasjon og sikrer oppdatert informasjon i alle visninger ved endringer. For entreprenører kan BIM modellen benyttes til å kontrollere konflikter, hente ut mengder, estimere kostnader og forbedre framdriftsplanleggingen. I denne oppgaven kommer vi til å se nærmere på hvordan BIM kan forbedre framdriftsplanleggingen.

4D BIM vil si at man i tillegg til å ha en 3 dimensjonal BIM-modell, tilfører modellen tidsrelatert informasjon. Dette kan gjøres ved at objektene i BIM-modellen tilføres tilhørende informasjon fra framdriftsplanen. Dette gir en 4D modell som kan benyttes til å visualisere byggeprosessen. På den måten kan man kan 4D modellen hjelpe til å optimalisere framdriftsplanen og formidle gjennomføring. Metoden kan benyttes til koordinering av hovedentrepriser, underentrepriser og leverandører, og vil være et visuelt hjelpemiddel (Consigli AS, (2012)). Dette kan gjøres gjennom å benytte egne 4D BIM verktøy for kobling mellom BIM-modellen og framdriftsinformasjonen.

## 1.2 Formål med oppgaven

Etter å ha erfart utfordringene knyttet til å formidle planlagt framdrift og koordinere aktører på byggeplassen, oppsto interessen etter å tilegne meg kunnskap om hvordan man kan forbedre utfordringene knyttet til framdriftsplanlegging og koordinering. Hvordan tenker prosjektdeltakere at planleggingen og formidlingen fungerer med bruk av vanlige planleggingsmetoder? Hva kan man oppnå gjennom bruk av 4D BIM? I prosjekter hvor framdriftsplanen planlegges i et digitalt

planleggingsverktøy og bygget prosjekteres ved bruk av BIM, vil man kunne koble denne informasjonen for å skape en 4D modell av prosjektet ved å benytte et eget 4D BIM verktøy? Hvilke utfordringer er knyttet til å ta i bruk denne metoden? Hvilke gevinster kan man oppnå? For å forsøke å besvare disse spørsmålene ble det inngått at samarbeid med entreprenøren Masiv Bygg. Dette er en lokal totalentreprenør i Rogaland, hvor jeg tidligere har jobbet og dermed var klar over at bedriften hadde det materialet som var nødvendig for å skape 4D modellen.

Formålet med denne studien er å gjennom denne entreprenøren å beskrive utfordringer knyttet til å ta i bruk 4D BIM hos mindre entreprenører, og se nærmere på hvilke mulige gevinster en 4D modell kan gi en mindre entreprenør.

Gjennom oppgaven vil det forsøkes å belyse muligheten en mindre entreprenør har til å oppnå gevinster ved bruken av 4D BIM, og inspirere til bruk av 4D BIM som en del av framdriftsplanlegging. Dette vil gjennomføres ved å intervju flere sentrale personer hos entreprenøren om prosjektstyring og fokus på BIM, produsere en 4D BIM for å belyse utfordringene knyttet til å bruke 4D BIM og intervju flere prosjektdeltakere om potensialet de ser i bruken av 4D BIM.

### 1.3 Problemstilling

Med utgangspunkt i formålet som er beskrevet over, er denne problemstillingen valgt:

«Hvilke mulige gevinster kan man oppnå ved bruk av 4D BIM hos en mindre entreprenør?»

Opgaven vil bli besvart gjennom å besvare noen delspørsmål:

1. Hvilken mulighet har en mindre entreprenør til å benytte en 4D modell i sine byggeprosjekter
2. Hvilket potensiale ser prosjektdeltakere av bruksverdien til en 4D modell?

## 2 Teori

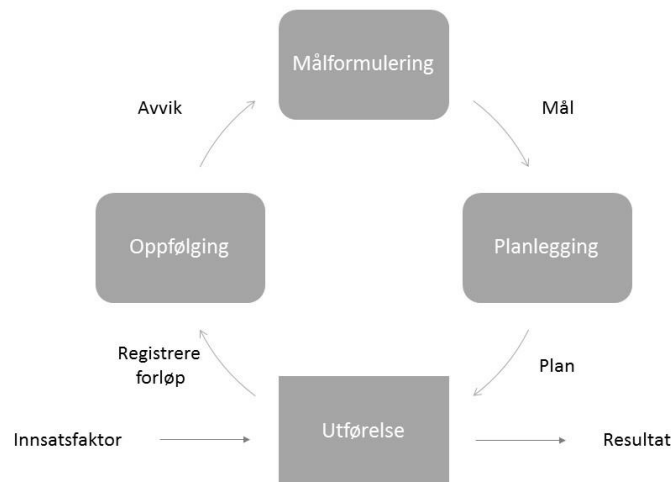
I denne delen av oppgaven vil viktige teorier belyses for å gi en utdyping av temaet. Her vil det bli belyst teorier om prosjektstyring, planlegging, Kommunikasjon, BIM og 4D BIM.

### 2.1 Prosjektstyring

Kolltveit, et al. (2009) definerer styring som *bevisste tiltak for å øke sannsynligheten for å nå mål*. Her fokuserer de på at for å ha forutsetninger for å kunne nå målet må det gjøres noen beviste handlinger. Det fokuseres også på at det er en sannsynlighet for at man ikke når målet selv om man har gjennomført tiltak, men at det er med på å redusere usikkerheten.

#### 2.1.1 Styringsløyfen:

I Westhagen, et al., (1995) sin teori om styring beskrives styring av et prosjekt ved 3 styringsfunksjonene. De beskriver de forskjellige styringsfunksjonene i et prosjekt og sammenhengen mellom dem ved bruk av styringsløyfen. Styringsløyfen er vist i figur 1.



Figur 1: Figuren viser Westhagen, et al.(1995) sin beskrivelse av styringsløyfen

Westhagen, et al. (1995) sine 3 styringsfunksjoner er:

1. Målformulering, som handler om å bestemme og beskrive hvilke resultat man ønsker å oppnå med prosjektet.
2. Planlegging, som handler om å bryte ned målene til oppgaver og delresultater som kan sikre at oppgavene blir utført på en hensiktsmessig måte

3. Oppfølging, som handler om å periodevis måle hva som har blitt gjort, kontrollere mot plan og forutsetninger og om nødvendig gjøre korrektive tiltak

Styringsløyfen beskriver hvordan styring av et prosjekt er en prosess. På den måten må mål og planer revurderes underveis i utføringen med utgangspunkt i resultatet fra oppfølgingen (Westhagen, et al., (1995)).

### 2.1.2 Styringsfaktorer:

Ved styring av utførelsen i prosjektet beskriver Kolltveit, et al. (2009) 5 faktorer for styring. De 5 faktorene er forklart under, men utgangspunkt i Kolltveit, et al. (2009) sin beskrivelse.

1. Styring av kvalitet handler om planlegging, kontroll og holdningsdannelse for å sikre at produkter og tjenester tilfredstiller kundens behov.
2. Styring av HMS handler om å sikre de involvertes helse, miljø og sikkerhet. Mange organisasjoner definerer HMS som en del av kvalitetsstyringen.
3. Styring av framdrift handler om å sikre at prosjektet avsluttes til avtalt tid
4. Styring av ressursforbruk handler som oftest om styring av personell og timeforbruk, men kan også handle om råvarer, tid, penger, materialer eller energi
5. Økonomi omfatter styring av inntekter, kostnader og dekningsbidrag og likviditet.

Vi vil videre i denne oppgaven fokusere på teori knyttet til framdriftsplanlegging.

## 2.2 Planlegging

### 2.2.1 Generelt om planlegging:

For å beskrive planlegging velger vi her å benytte Westhagen, et al. (1995) sin definisjon, som er; *planlegging er å samordne aktiviteter og ressurser over tid slik at målene kan nås med lavest mulig ressursforbruk*. De beskriver at dette innebærer å skaffe seg den nødvendige oversikten over oppgavene som skal gjennomføres, gi det nødvendige grunnlaget for utførelse og oppfølging av oppgavene, samt motivere og formidle informasjon om de kommende oppgavene (Westhagen, et al., (1995)). Det er viktig å bruke å prioritere planlegging, for ved å velge riktig strategi og planer for hvordan man skal oppnå målet, kan man oppnå en positiv effekt på prosjektarbeidets effektivitet (Kolltveit, et al., (2009)).

Westhagen, et al., (1995) mener at planlegging av oppgaver i sin natur forbundet med usikkerhet, som følge av at oppgaven tidligere ikke er gjennomført, eller at oppgaven ikke er detaljert nok (Westhagen, et al., (1995)). I situasjoner hvor det oppleves stor usikkerhet vil det da være spesielt viktig å prioritere planleggingsprosessen (Kolltveit, et al., (2009)).



For å oppnå god planlegging er valg av planleggingens detaljnivå viktig. Planleggeren burde derfor tenke nøye gjennom planens metode- og detaljeringsgrad slik at planen kan presenteres på en forståelig måte. Det stilles derfor krav til planleggerens kommunikasjons- og samarbeidsevne, for å oppnå en god plan (Kolltveit, et al., (2009)). Bruk av avanserte planleggingsverktøy og detaljerte planer gjør det vanskeligere for brukere å oppfatte hva som er relevant informasjon i prosjektets formelle planleggingsdokument, og begrenser muligheten til å medvirke i planleggingsprosessen (Kolltveit, et al., (2009)).

Motiverte medarbeidere som kjenner sine roller, mål og oppgaver er den største forutsetningen for å lykkes med prosjektet. Resultatene oppnås ikke gjennom planlegging alene, men handler om å skape en handlingsplan som gjør planene til virkelighet (Westhagen, et al., (1995)). God planlegging krever derfor også tillitt mellom planlegger og bruker. Tillitt oppnås ved at bruker klarer å kjenne seg igjen i planleggeren og gjennom brukerens opplevelse av planleggers kompetanse (Kolltveit, et al., (2009)). Medvirkning fra utførende i selve planleggingsprosessen er en forutsetning for å få aksept for planene. Dette vil skape aksept for oppfølging, meningsfull tilbakemelding og korrektive tiltak. (Kolltveit, et al., (2009)). Medvirkning i planleggingsprosessen vil også gi mulighet for at de utførende kan skaffe seg innsikt i de arbeidsoperasjonene som skal utføres. Med god innsikt i arbeidsoperasjonene vil behovet for detaljering av planen reduseres (Kolltveit, et al., (2009)).

### 2.2.2 Framdriftsplanlegging

Kolltveit et al(2009) beskriver framdriftsplanlegging som det å identifisere aktivitetene som skal utføres, beslutte en varighet for hver aktivitet og plassere aktivitetene i riktig rekkefølge ut ifra tid. Prosessen med å planlegge framdriften går ut på å skape et bilde av situasjonen som planlegges. Det finnes flere forskjellige planleggingsmetoder som kan brukes for å oppnå det. Disse metodene blir ofte grove forenklinger av virkeligheten, siden metodene ofte fremstiller planen i 2 dimensjoner. (Kolltveit, et al., (2009)).

Som tidligere nevnt knyttes det mye usikkerhet til det å planlegge, det gjelder også planlegging av framdrift. For det første kommer det av at forutsetningene som man legger til grunn når planen lages ofte er feil. Det vil derfor ofte oppstå avvik når planen skal gjennomføres (Kolltveit, et al., (2009)). For det andre er det spesielt mye usikkerhet knyttet til planlegging av rekkefølgen til aktørene i prosjektet og avhengigheten dem imellom. Dette gjør at framdriftsplanen i store prosjekter ofte har høy grad av kompleksitet og usikkerhet som følge av at det er involvert mange aktører (Kolltveit, et al., (2009)). Mange aktører gir mange avhengigheter og høy grad av kompleksitet ved beslutning av rekkefølger.

Konsekvensene ved at det oppstår avvik fra planen er at kontraktører involvert i slutten av prosjektet, må ta igjen de forsinkelsene som er skapt av aktører som har vært involvert tidligere i prosjektet (Kolltveit, et al., (2009)). For å få til dette blir det behov for å øke ressursbruken, for å hente igjen forsinkelsene. En forsinkelse gir da et større ressursbruk enn det som på forhånd var planlagt. Faren med høy økning i ressursbruken er at det ofte vil gi en uoversiktlig situasjon (Kolltveit, et al., (2009)). Hvis ikke forsinkelsene tilslutt blir hentet inn, vil prosjektets varighet forlenges og prosjektets sluttdato forsinket. Både økt ressursforbruk og forsinket sluttdato vil ha konsekvens på kostnadene i prosjektet. (Kolltveit, et al., (2009)).

### 2.2.3 Gantt-diagram

Gantt-diagram er en planleggingsmetode som ble utviklet rundt år 1900 av Henry Gantt. Diagrammet skaper et bilde av prosjektet ved at man har en tabell over prosjektets aktiviteter. Til høyre for tabellen har man en tidsakse og for hver av aktivitetene i prosjektet har man angitt en horisontal linje som viser hver aktivitets starttidspunkt, sluttidspunkt og varighet med utgangspunkt i denne akselen (Gardiner, (2005)). Diagram beskrives som en enkel planleggingsmetode, som gir et godt visuelt bilde av den planlagte framdriften (Kolltveit, et al., (2009)). Det at diagrammet gir et visuelt inntrykk av planens innhold, utstrekning og beliggenhet i forhold til hverandre, gjør det godt egnet til bruk i gruppediskusjoner om planen (Westhagen, et al., (1995)). Gantt-diagrammet beskrives som intuitivt lettere å forstå et nettverksdiagram, og noe som gjør det til et populært verktøy for oppfølging av framdrift (Gardiner, (2005)).

Svakheten til Gantt-diagram som planleggingsmetode er at det ikke gir støtte for ressursplanlegging og beregning av prosjektider. Det regnes derfor heller som et godt supplement til nettverksplanlegging (Kolltveit, et al., (2009)). Noe som gjør det til mer et presentasjonsverktøy enn et planleggingsverktøy (Westhagen, et al., (1995)). Et Gantt-diagram kan i tillegg forbedres ved å markere flyt og avhengigheter. Flyten kan markeres ved å tegne en svak linje gjennom aktivitetene for start og slutt tidspunktene til alle aktivitetene som ikke er en del av kritisk linje, og avhengighetene kan framstilles med bruk av piler mellom aktivitetene. (Gardiner, (2005)) Det kan være fordel å framheve alle kritiske aktiviteter i diagrammet (Gardiner, (2005)).

Gode Gantt-diagrammer må kunne kommunisere effektivt, også når det benyttes alene uten tegninger. For å kunne kommunisere planleggingsinformasjonen effektivt kreves det at aktiviteter grupperes i undergrupper, slik at detaljnivået til diagrammet kan endres til å møte behovet til hver enkelt bruker av diagrammet (Weber, (2005)). Diagrammet er et nyttig verktøy som må kunne benyttes til å kommunisere prosjektet til et bredt spekter av interessenter (Gardiner, (2005)).

#### 2.2.4 Milepælsplanlegging

En milepæl er en spesiell begivenhet i prosjektets livssyklus som vi ønsker å gi spesielt oppmerksomhet til (Gardiner, (2005)). En milepælsplan fremstilles gjerne i forbindelse med strukturering av prosjektet og viser prosjektets delmål fordelt over tid. Milepælsplaner beskriver hva som skal være oppnådd og kan betraktes som kontrollstasjoner underveis i prosjektet (Kolltveit, et al., (2009)) (Rolstadås, et al., (2014)). En milepælsplan sier ingen ting om tidsbruk eller ressurser som kreves for å oppnå dette prosjektmålet (Kolltveit, et al., (2009)).

#### 2.2.5 Nettverksplanlegging

Nettverksplanlegging er en felles betegnelse for planleggingsmetoder som blant annet CPM(Critical path method) og PERT(programme evaluation and review technique) (Kolltveit, et al., (2009)). Metoden går ut på at man etter å ha beregnet varigheter, konstruerer et nettverksdiagram for å definere logiske avhengigheter mellom aktivitetene (Gardiner, (2005)).

##### *Nettverksdiagram*

I et nettverksdiagram er hver aktivitet representert med hver sin rute. I hver rute er det felter til å notere informasjon som navn, id, varighet, start og slutt datoer og flyt. Mellom aktivitetene benyttes det piler til å markere hvordan avhengighetene er koblet (Gardiner, (2005)) (Kolltveit, et al., (2009)). Det er i hovedsak 4 måter å sette opp pilene for å markere koblingene.

1. **Slutt til start**, viser at aktivitet B kan starte etter at aktivitet A er avsluttet
2. **Start til start**, viser at aktivitet B kan begynne, når aktivitet A har begynt
3. **Slutt til slutt**, viser at aktivitet B kan avsluttes, når aktivitet A er avsluttet
4. **Start til slutt**, viser at aktivitet B kan avsluttes så lenge aktivitet A har begynt

I tillegg er det vanlig å legge inn et tidsintervall i koblingen hvis det er nødvendig med en pause mellom de koblede aktivitetene (Gardiner, (2005)).

Gardiner (2005) beskriver fasen ved å få avhengighetene mellom aktivitetene riktig, som den mest utfordrende delen ved planlegging av et nettverksdiagram.

##### *Bestemme aktiviteters tidsbruk:*

Ved planlegging av framdrift for et prosjekt må aktivitetenes varighet bestemmes. Paul Gardiner (2005) beskriver 3 metoder for estimering av aktivitetenes varighet.

1. Basert på erfaringer kan man benytte informasjon om liknende aktiviteters tidsbruk fra tidligere prosjekter. Tidligere erfaringer er et godt utgangspunkt for beregning av aktivitet. Med flere erfaringer som man kan basere beregningene på, vil det være lettere å forutsi aktivitetenes varighet

2. Hvis man ikke har erfaringer å ta utgangspunkt i kan man ved å gjennomføre en prøvegjennomgang av aktiviteten måle hvor lang tid aktiviteten trenger. Med utgangspunkt i testen kan man bregne aktivitetens nødvendige tidsbruk.
3. Er aktiviteten vanskelig å prøve ut kan man ved å ta utgangspunkt i simuleringer eller meninger fra eksperter, benytte statistisk sannsynlighet for å komme fram til en estimering av framdriften. En vanlig statistisk sannsynlighetsmetode for beregning av varighet er metoden vektet gjennomsnitt. Her benyttes 3 estimerte verdier for varighet. En optimistisk verdi, den mest sannsynlige verdien og den pessimistiske verdien. Basert på disse tre verdiene anslår man en sannsynlig varighet basert på regnestykket:

$$M = \frac{T1+4T2+T3}{6}$$

M = vektet gjennomsnitt

T1 = Optimistisk tidsbruk

T2 = sannsynlig tidsbruk

T3 = Pessimistisk tidsbruk

### *Kritisk vei*

Paul Gardiner (2005) definerer kritisk linje som: *veien gjennom nettverket som har den lengste varigheten*. Kritisk linje bestemmes ved to steg:

1. Første steg er å gå gjennom nettverket fra start til slutt, og med utgangspunkt i projektets startdato bestemme hver aktivitets tidligste start og slutt tidspunkt. Ved å gjennomføre denne prosessen finner man prosjektets totale varighet og sluttdato, men kan ikke identifisere hvilke aktiviteter som er kritiske (Gardiner, (2005)).
2. For å finne aktivitetenes flyt må denne prosessen gjentas, bare fra motsatt vei. Denne prosessen vil gi hver aktivitets seineste start og slutt tidspunkt. Hver aktivitet vil nå ha en flyt, som vil si den forsinkelsen man kan akseptere at en aktivitet har uten at den vil påvirke prosjektets forventede varighet (Gardiner, (2005)). Flyten kan beregnes ved å finne differansen mellom tidlig start og sein start, eller tidlig slutt og sein slutt. De kritiske aktivitetene i prosjektet vil da være aktivitetene som ikke har flyt (Gardiner, (2005)).

### *Hvordan utvikle en nettverksplan*

Kolltveit, et al. (2009) beskriver seks faser for å utvikle en nettverksplan.

1. Første må man bestemme en kommunikasjonsfilosofi. Det vil si å avgjøre hvem planene skal presenteres for, hvilken form planen skal ha, hvor detaljplanen skal være og hvordan planen skal følges opp under prosjektet.
2. Man må bestemme aktiviteter, avhengigheter mellom aktivitetene, aktivitetens varighet og nødvendig ressursbruk. Fasen burde derfor være eksperimentel og gjennomføres som teamarbeid. Det vil da spesielt være nyttig å inkludere ansvarlig for utførelse i denne delen av prosessen.
3. Så kan nettverksdiagrammet tegnes opp med de bestemte avhengighetsforholdene. Her er det lurt å organisere nettverket slik at man får redusert antall kryssede linjer.
4. Neste sted er å la utførende kommentere de delene av planen hvor de selv er involvert. På den måten ønsker man tilbakemelding på valg av aktiviteter, avhengigheter og overlappinger.
5. Når utførende har fått kommentere planen og planen er endret, kan man beregne kritisk linje.
6. Til slutt må planen justeres slik at alle aktivitetene er planlagt innenfor rammene. Nettverksplanen regnes som ferdig når lengden av kritisk vei er innenfor rammene som er satt for gjennomføring av prosjektet.

## 2.3 Kommunikasjon

Jacobsen & Thorsvik, (2013) definerer kommunikasjon som «den prosessen der personer eller grupper sender eller utveksler informasjon, ideer, holdninger og følelser». Dette innebærer at fokuset ved det å kommunisere i hovedsak handler om å overføre informasjon fra en part til en annen.

I organisasjoner hvor arbeidet skjer i team, stilles det spesielle krav til kommunikasjon for å oppnå en god koordinering. (Jacobsen & Thorsvik, (2013)). Jacobsen & Thorsvik (2013) beskriver derfor kommunikasjon som den viktigste prosessen i alle organisasjoner. De har flere begrunnelser for det. For det første er kommunikasjon grunnlaget for koordinering av arbeidsoppgaver og funksjoner. For det andre er beslutninger avhengig av kommunikasjon. Dette er fordi kvaliteten på beslutningen avhenger av informasjonsgrunnlaget man tar beslutningen ut fra. For det tredje er kommunikasjon viktig for å kunne hente inn informasjon fra omgivelser, slik at organisasjonen løpende kan tilpasse seg endringer. For det fjerde trenger man kommunikasjon for å prøve å påvirke omgivelsene, gjennom det å formidlet informasjon. For å unngå misforståelser og oppnå best mulig koordinering er det viktig at kommunikasjonen er effektiv. Jacobsen & Thorsvik, (2013) definerer effektiv kommunikasjon som: *at mottakeren oppfatter budskapet slik senderen ønsket at det skulle oppfattes*. For å oppnå en effektiv kommunikasjon er det derfor viktig at senderen setter seg inn i mottakerens situasjon (Jacobsen & Thorsvik, (2013)).

### *Kommunikasjonsprosessen*

*Kommunikasjonsprosessen kan beskrives som en bestemt rekke av handlinger hvor informasjon overføres fra en sender til en mottaker* (Jacobsen & Thorsvik, (2013)). Jacobsen & Thorsvik (2013) beskriver kommunikasjonsprosessen ved 4 trinn:

1. *sender må kode informasjonen*, altså velge en måte å formulere eller utrykke budskapet.
2. *Senderen må velge kanal*, altså om budskapet skal være skriftlig eller muntlig, formell eller uformell.
3. *Mottaker må dekode informasjonen*, altså tolke meldingen for å gjøre seg en oppfatning om hva senderen vil formidle.
4. *Tilbakemelding*, senderen får et svar på informasjonen som er mottatt.

## 2.4 BIM

BIM er en forkortelse som benyttes både om «Bygnings Informasjons Modell» og «Bygnings Informasjons Modelling». En bygnings informasjon modell vil si en digital 3D modell som i tillegg til at den består av objekter med en definert geometri, er det tilknyttet informasjon om objektet, og regler for hvordan objektet kan oppføre seg (Eastman, et al., (2011)). Bygnings Informasjons Modelling derimot omhandler den modelleringsteknologien og tilhørende prosesser for å produsere, kommunisere og analysere Bygnings Informasjons Modeller (Eastman, et al., (2011)). I denne oppgaven vil begrepet BIM i hovedsak benyttes om Bygnings Informasjons Modelling.

### 2.4.1 Bygnings Informasjons Modell

Eastman, et al. (2011) benytter 4 karakteristikker for å beskrive hva en bygnings Informasjons Modell er:

1. For det første er en bygnings informasjon modell et digitalt objekt som framstiller bygningselementer. Dette digitale objektet må inneholde grafisk informasjon og dataverdier som knytter elementet til en programvare, og hvor definerte parametriske regler definerer noen rammer for hvordan elementet kun bli endret.
2. Det digitale objektet må inneholde data som beskriver elementets egenskaper. Ved at objektet er tilført informasjon som materialtyper, størrelser, energiegenskaper, kan modellene benyttes til å beregne mengder og analyse.
3. Dataene i bygningselementet skal være konsekvent og sammenhengende slik at endringer i data knyttet til et element blir representert i alle visninger av elementet. Ved at data knyttet til et element er koblet til alle visninger av elementet er modellene med å forenkle arbeidet med å gjøre endringer. Når det er gjort en endring i en visning av elementet, vil det i en bygnings informasjon modell være sikret at alle andre visninger av elementet også er oppdatert med denne endringen.
4. Dataene må være koordinert slik at alle visninger av modellen er representert på en koordinert måte.

Siden grensen mellom hva som er CAD og hva som er BIM kan oppfattes som uklare, har Eastman et al. (2011) derfor også en beskrivelse på 4. punkter for hva som ikke er BIM teknologi. Det velges derfor å presentere disse for å gi en forbedret forståelsen av hva en Bygnings Informasjons Modell er.

1. Modeller som kun inneholder 3D data og ingen objekt informasjon kan ikke defineres som BIM teknologi. Det vil si modeller som ikke kan benyttes til annen form for analyse enn geometri og visualisering.
2. Modeller som ikke inneholder regler om hvordan objektet skal oppføre seg kan ikke defineres som BIM teknologi. Det vil si modeller som har definerte objekter, men hvor man ikke kan justere objektenes plassering og størrelser.
3. Modeller som er sammensatt av flere 2D CAD filer som må kombineres for å definere bygningen er ikke BIM teknologi. Det er på grunn av at det er umulig å sikre seg at 3D modellen er pålitelig nok.
4. Modeller hvor man kan gjøre endringer i en visning, hvor endringene ikke automatisk oppdateres i andre visninger kan ikke defineres som BIM teknologi siden det fort oppstår avvik som er vanskelig å finne.

#### 2.4.2 Bygnings Informasjons Modellering (BIM)

Som beskrevet innledningsvis i dette avsnittet, velger vi i denne oppgaven å benytte Eastman, et al., (2011) sin definisjon på hva bygnings Informasjons Modellering er. BIM omhandler den modelleringsteknologien og tilhørende prosesser for å produsere, kommunisere og analysere Bygnings Informasjons Modeller.

BIM er derfor i tillegg til å være et hjelpemiddel for å utvikle bygget ved å produsere Bygnings Informasjonsmodeller, nyttig for å oppnå en bedre kommunikasjon og samarbeid mellom disipliner i et byggeprosjekt. Ved deling av modellen er det derfor viktig at det benyttes et åpent grensesnitt som gir mulighet for import av relevant data og eksport av data i forskjellige filformater. Eastman, et al., (2011) beskriver to tilnæringsmåter for å oppnå en tilfredsstillende deling av filer

1. Den ene tilnæringsmåten er at alle samarbeidspartnerne i et prosjekt benytter samme leverandør av programvare til bruk av BIM. Dette er en metode som skaper et enkelt og sømløst samarbeid, men det krever at alle involverte benytter samme programvare leverandør.
2. Den andre tilnæringsmåten vi si at samarbeidspartnerne benytter forskjellige programvareleverandører, men at programvarene må kunne eksportere data ved å benytte et åpent format for å definere bygningsobjektene. Et eksempel på et åpent format er Industry Foundation Classes(IFC). Denne metoden vil være mer fleksibel for designteamet, men det vil begrense samarbeidsmulighetene noe siden informasjon tilknyttet objektene kan gå tapt når man eksporterer data.



### 2.4.3 Åpen BIM

*buildingSMART er en internasjonal, nøytral non for profit organisasjon som støtter åpenBIM*

(buildingSMART International, (2014)). Arbeidet til organisasjonen går ut på å utvikle og vedlikeholde internasjonale standarder for Åpen BIM. BuildingSMART International (2014) definerer åpenBIM som: «en universell tilnærming til samarbeid, design, realisering og drift av bygninger basert på åpen standarder og arbeidsflyt. ÅpenBIM er et initiativ av buildingSMART og flere ledende programvareleverandører bruker den åpne buildingSMART datamodellen.» Målet med åpenBIM er å støtte en gjennomstiktig og åpen arbeidsflyt, felles språk for prosessene, skape varig prosjektdata og gi fri konkurranse mellom programvareleverandørene.

#### *IFC*

Industry Foundation Class (IFC) er et skjema som er ment til å definere en stor mengde med data representasjoner av bygnings informasjon, som støtter deling mellom programvarer i byggeindustrien (Eastman, et al., (2011)). I stedet for å fokusere på detaljert programvare utveksling innen et bestemt ingeniørfelt, ble IFC utviklet til å være en utvidet ramme for modulering mellom disipliner. Utviklerens mål var å tilby en bred og generell definisjon av objekter og data. Dette skulle gi en mer tilgjengelig utveksling av data ved at formatet kan definere detaljerte og oppgavespesifikke modeller. (Eastman, et al., (2011)).

Organiseringen av en IFC data modell kunne betraktes som at datamodellen er delt inn i flere lag (Eastman, et al., (2011)). Dette er lagene domene, interoperabilitet, kjerne og ressurs. De øverste lagene er domenelaget og interoperabilitetslaget. Disse lagene definerer bruksområdet for modellen og delingsmuligheten til modellen (Eastman, et al., (2011)). Nederst er kjernelaget og ressurslaget. Kjerne- og ressurslagene består av strukturerte enheter med informasjon for definering av modellen (Eastman, et al., (2011)). Bruken og delingen av disse enhetene er igjen spesifisert ved domene- og interoperabilitetslagene (Eastman, et al., (2011)).

Ressurslaget inneholder 26 sett av basis definisjoner som definerer grunnleggende gjenbrukbare enheter (Eastman, et al., (2011)). Dette er enheter som geometri, typologi, material, mål, aktør, roller, presentasjon og verdier og betraktes som basis enheter. Basis enhetene kombineres til å definere ofte brukte objekter i bygge industrien (Eastman, et al., (2011)). Siden IFC er bestemt til å være en utvidbar datamodell og ved at formatet er objekt-orientert kan basis enhetene igjen utdypes og spesialiseres med undergrupper for å kunne danne enhver type av underenheter (Eastman, et al., (2011)). Objektene benyttet til utveksling blir koblet sammen i et dypt definisjons tre, på grunn av at IFC formatet danner undergruppene i en hierarkisk struktur (Eastman, et al., (2011)).

I tillegg har alle IFC modeller en felles generell struktur for oppsetting og tilgang på bygningselementene basert på objektets plassering i modellen. Dette gjør at all informasjonen tilknyttet objektene deles inn i et hierarki. På toppen av hierarkiet er prosjektet, etterfulgt av anleggsområde, bygning, etasje og område. Hver av de høyere nivåene er en samling av de underliggende nivåene (Eastman, et al., (2011)).

#### 2.4.4 Nivåer av samhandling

En modell utviklet av Mark Bew og Mervyn Richards beskriver en gradering av modenheten av Bygnings Informasjons Modellering i et byggeprosjekt (Beard, (2015)). Modellen beskriver milepæler som må oppnås for å nå full samhandling ved bruk av BIM. Disse milepælene har blitt definert som nivåer fra 0 – 3 (National Building Specification for UK, (2014)):

##### *Level 0 BIM:*

Level 0 BIM vil si vi at det ikke er samhandling ved bruk av BIM, og anses derfor som det enkleste nivået av BIM. Tegninger er kun utviklet ved 2D CAD og samhandling oppnås ved bruk av papir (National Building Specification for UK, (2014)).

##### *Level 1 BIM:*

Level 1 BIM er at man samarbeider ved en blanding av 3D CAD og 2D tegninger. 3D CAD benyttes for utvikling av konsept, mens 2D tegninger er benyttet til dokumentasjon og produktinformasjon. Det benyttes en elektronisk deling av data, men modellene blir ikke delt mellom prosjekt teamet (National Building Specification for UK, (2014)).

##### *Level 2 BIM:*

Level 2 BIM vil si at alle parter benytter en 3D CAD modell, men at de ikke benytter en felles, delt modell. Dette nivået er mer preget av samarbeid mellom aktørene rundt bruken av BIM. Dette samarbeidet går ut på hvordan informasjonen blir delt mellom de involverte og er det viktige aspektet ved dette nivået (National Building Specification for UK, (2014)). Dette nivået krever at dataen blir delt gjennom et vanlig filformat, som tillater alle involverte til å kombinere dataen med sin egen. Slik at alle kan lage en sammensatt BIM modell.

##### *Level 3 BIM*

Level 3 BIM er nivået hvor fullt samarbeid mellom alle disipliner ved bruk av en felles, delt modell i prosjektet. Her skal alle parter kunne få tilgang og endre den samme modellen. Fordelen med dette nivået er at den siste faren for motstridende informasjon elimineres (National Building Specification for UK, (2014)).

## 2.5 4D BIM

4D BIM handler om at man i tillegg til å ha kvalitative, kvantitative og geometrisk informasjon i en BIM, også har en fjerde dimensjon som er tid (Consigli AS, (2012)). Det benyttes flere begreper på dette området som blant annet 4D BIM, 4D CAD, 4D modellering, 4D planlegging, 4D simulering, 4DSMM (4D site management model) og 4D teknologi. Felles for disse begrepene er at 4D planlegging i hovedsak handler om å koble en tidsplan til en 3D-modell for å oppnå forbedrede teknikker for planlegging av byggeprosessen (Geldson & Greenwood, (2016)). Vi velger videre å benytte begrepet 4D BIM. En 4D modell er en sammenkobling av framdriftsplanen for et byggeprosjekt og den geometrisk 3D modellen av bygningen som skal bygges. Dette skjer ved at aktivitetene i framdriftsplanen kobles til spesifikke objekter i modellen, som gir muligheten til å visualisere framdriften grafisk (Consigli AS, (2012)).

### 2.5.1 Kriterier for å skape en 4D modell

For å skape en 4D modell kreves en kobling mellom en grafisk 3D-modell og framdriftsplanen (Consigli AS, (2012)). Chau et al. (2002) beskriver kriteriene for oppbyggingen av en 4D modell som at man trenger en 3D geometrisk modell, en plan for byggefasen og et simulerings verktøy som knytter 3D modellen og planen sammen. Den 3D geometriske modellen må bestå av mange grafiske objekter som hver for seg representerer enheter av en bygning som skal konstrueres eller på en måte er direkte relatert til byggeprosessen. Chau, et al. (2002) deler objektene inn i 3 kategorier: bygningselementer, aktivitetsobjekter og midlertidige anlegg. Bygningselementene beskriver bygningssdeler som skal produseres, aktivitetsobjektene er knyttet til de forskjellige aktivitetene ved bygget og ved en grafisk tekstur markerer hvilken prosess som pågår ved oppføring av et bygningselement, og midlertidig anlegg beskriver plassbruk til f.eks rigg, anleggsmaskiner og materiale (Chau, et al., (2002)). Kriterier knyttet til framdriften er at framdriften må inneholde informasjon som beskriver varigheten til hver enkelt aktivitet, rekkefølger og avhengighetene mellom aktivitetene og symbolske byggeplassdetaljer (Chau, et al., (2002)). Hovedkriteriet til 4D simuleringsverktøyet er å kunne koble objekter i den 3D geometriske modellen til aktiviteter i framdriftsplanen for å oppnå en 4D simuleringsmodell. Andre oppgaver for simuleringsverktøyer er å animere simulering av byggeprosessen, kunne kontrollere nødvendige ressurser for spesifikke aktiviteter og til å se konflikter mellom aktiviteter på anleggsplassen til enhver tid i prosessen (Chau, et al., (2002)).

### 2.5.2 4D Modellerings prosessen:

Tidligere ble enkle 3D modeller benyttet i 3D tegningsprogrammer og tilførte tilhørende tidsdata. 4D BIM verktøy gjør det nå mulig å importere flere modeller og planleggings informasjon. Dette fører til at intelligente objekter og individuelle ressursplanlagte og logisk-koblede aktiviteter kan kobles sammen (Geldson & Greenwood, (2016)). Det finnes flere alternativer for hvordan man velger å lage en 4D modell. Eastman et al. (2011) deler modelleringsalternativene inn i 3 kategorier. De tre metodene vil bli gjengitt her basert på Eastman et al. (2011) sin teori:

#### *Manuel metode:*

Manuell metode vil si at man lager en modell manuelt ved at man tegner konstruksjonen med forskjellige farger for forskjellige deler av byggeprosessen. Den manuelle metoden ble for eksempel benyttet på CAD tegninger ved at man brukte fargefyll og muligheten til å skru av og på verdien. Utfordringen med å bruke denne metoden er at den manuelle prosessen gjør det utfordrende å endre, oppdatere og kontrollerer pågående situasjoner. Metoden begrenser seg derfor til en tidlig fase av prosjektet hvor konstruksjonsprosessen skal presenteres til byggherre og interessenter.

#### *BIM verktøy med innebyggede 4D funksjoner:*

Det finnes BIM verktøy som har innebyggede 4D funksjoner. Disse funksjonene er forskjellige avhengig av programvare, og skaper forskjellige muligheter for 4D modellering. Noen programvarer har funksjoner der programvaren kan skape 4D snapshots gjennom å automatisk filtrere objekter basert på objektets tilhørende parametere og verdier. I andre programvarer er det mulighet til at objektene kan kobles til en eller flere aktiviteter eller motsatt. Denne funksjonen gir designeren mulighet til å evaluere konstruksjonsprosessen ved at midlertidige konstruksjonsdeler synliggjøres og forsvinner ved gjennomgang av prosessen. Noen programvarer gir også mulighet til at objekter fargekodes basert på tilhørende tidsavhengige verdier.

#### *Eksportere BIM til et 4D verktøy og importere framdriftsplan:*

De fleste BIM verktøy har ikke mulighet til å koble tid og dato til objektene. Da vil det kunne være nødvendig å benytte et eget 4D verktøy for å direkte koble modellen til informasjon i framdriftsplanen. Typisk for disse verktøyene er at man benytter data fra en 3D modell importert fra et BIM program, relevant data fra framdriftsplanen og kobler modellen til konstruksjonsaktiviteter og tilfører objektene visuelle oppførslar. Dataene importert fra BIM modellen er ofte begrenset til data som navn, farge, gruppering og hierarki.

### 2.5.3 Anbefalinger ved 4D modellering:

Eastman, et al.(2011) påpeker at det er flere faktorer som er viktige å ha tenkt over ved forberedning og utvikling av en 4D modell. Disse faktorene burde vurderes uavhengig av valgt programvare. Det vil videre bli gitt en beskrivelse av de forskjellige faktorene basert på Eastman, et al. (2011) sin teori:

#### *Bygnings modellens omfang:*

Ved modellering er det viktig å ha reflektert over modellens nødvendige omfang. Hva bygningsmodellen er blitt modellert med utgangspunkt for å vise, avgjør om modell er egnet for å gjenspeile byggeprosessen. For eksempel vil omfanget til en modell i konseptfasen ofte ikke være tilfredsstillende nok til å gjenspeile konstruksjonsprosessen. For en modell som skal vise hele konstruksjonsprosessen vil det ofte være tilstrekkelig med en modell med grove detaljer, mens i en 3 ukers plan vil aktivitetene være mer definerte og detaljerte og derfor kreve en mer detaljert modell. Det er derfor viktig at modellen gjenspeiler framdriftsplanenes detaljnivå. Ofte vil det være hensiktsmessig å benytte en mindre detaljert modell i fasene knyttet til bygging av bærende konstruksjon og klimaskall, mens det kan være nødvendig å bytte til en mer detaljert modell ved visning av detaljerte interiørdetaljer.

#### *Detaljnivå:*

I tillegg til modellens omfang, burde også modellens detaljnivå avgjøres. Avgjørende faktorer for hvor detaljert man trenger å lage modellen er modellens størrelse, avsatt tid til modellering og hvilke kritiske deler ved prosjektet som skal kommuniseres. Byggingen av et bygningselement består ofte av flere prosesser. For planleggeren kan det være like hensiktsmessig å benytte et objekt til å vise de forskjellige aktivitetene som er nødvendig for å konstruere objektet, som å benytte et detaljert objekt for hver delaktivitet.

#### *Mulighet for reorganisering:*

For å oppnå en fleksibel og mest mulig nøyaktig 4D modell er det viktig å ha muligheten til å reorganisere modellen. Mens en ingeniør ofte grupperer objektene i systemer for lett kunne kopiere systemet, ønsker en planlegger å gruppere like objekter i definerte områder. Det kan for eksempel være å gruppere alle søylene i en etasje, siden de skal monteres i en operasjon. Reorganisering av modellen kan oppnås ved at man i 4D verktøy har mulighet til å omstrukturere hierarkier eller lage egendefinerte grupperinger av komponenter i modellen.

### *Midlertidige objekter:*

For at en 4D modell skal kunne reflektere byggeprosessen på en best mulig måte er det også viktig at den inneholder midlertidige objekter. Et midlertidig objekt kan være en midlertidig konstruksjonsdel, stillaser, utgravningsdetaljer og andre midlertidige elementer som er en viktig del av konstruksjonsprosessen. Ved å ha med midlertidige elementer i modellen kan modellen benyttes til å evaluere tilgjengelighet, sikkerhet og konstruksjons muligheter av modellen (Eastman, et al., (2011)).

### *Mulighet for oppdeling av objekter:*

Ved utforming av en 4D modell vil det kunne oppstå situasjoner hvor et objekt utformet av arkitekt eller ingeniør ønskes å deles opp i mindre objekter. Dette er mulig å gjennomføre i noen 4D verktøy, men benyttes et 4D verktøy som ikke tilbyr denne muligheten må oppdelingen gjennomføres i et BIM verktøy.

### *Informasjon i framdriftsplanen:*

Normalt benyttes kun tidlig start og slutt dato ved 4D simulering. Det kan derimot i mange situasjoner være ønskelig å i tillegg kunne utforske andre datoer, som sein start og slutt, for å se hvordan de forskjellige alternativene påvirker simuleringen av konstruksjonsprosessen. Det kan også være hensiktsmessig at aktiviteter i framdriftsplanen også inneholder informasjon om aktivitetsområde eller ansvarlig for aktivitet. På den måten kan modellen vise ansvarlig for gjennomføring av aktiviteten og raskt kunne identifisere aktiviteter som skjer nær hverandre for å forbedre koordineringen.

#### 2.5.4 Fordelen 4D BIM gir framfor kritisk vei

I en studie gjennomført av Koo & Fischer (1998) adresseres fordelen som kan oppnås ved bruk av en 4D modell framfor å bruke nettverksmetoden, Kritisk vei. Fordelene blir delt opp i 3 kategorier: 1) Fordelen som et visuelt verktøy, 2) fordelen som et verktøy integrert i planleggingsprosessen og 3) fordelen som et analyseverktøy. Fordelene Koo & Fischer (1998) beskriver i sin studie vil bli gjengitt her:

### *Visualisering:*

Koo & Fischer (1998) beskriver at bruk av en 4D modell kan være med å forbedre forståelsen og redusere feiltolkning av konstruksjonsprosessen. Dette kommer av at planlegging ved bruk av tradisjonelle nettverksmetoder krever at prosjektdeltakerne må ta for seg framdriftsplanen og tegningene, og skape seg et bilde av konstruksjonsprosessen. Tolkningen av framdriftsplanene vil derfor variere med erfaringer, kunnskap og perspektivet til den enkelte. Siden 4D modellen viser konstrueringen av byggeprosjektet steg for steg, vil modellen begrense mye av tolkningen og tillate brukerne å se de to dokumentene i sammenheng.

Det beskrives også at ved å se en 4D modell er det enklere for brukeren å forstå logikken bak hvorfor rekkefølgene er som de er. Bedre forståelse av planen vil kunne forbedre muligheten til å oppdage potensielle problemer tidligere, enn de ville gjort ved bruk av nettverksmetoder. Modellen tillater derfor brukeren å oppdage konflikter i planen, som de kanskje ikke ville oppdaget i en omfattende framdriftsplan med flere hundre aktiviteter.

Proessen ved å bygge modellen vil kreve at brukeren avklarer problemer ved byggeprosessen som tidligere ikke er avklart eller ikke er oppdaget. En 4D modell er derfor en god måte å simulere konstruksjonsprosessen før bygging. *Kan den ikke bygges i 4D modellen, kan den definitivt ikke bygges i felt.*

Visualiseringen av prosjektet gir brukeren mulighet til å se midlertidige, romavhengige og logisk informasjon i et og samme medium. Dette gir mulighet til å identifisere konflikter som oppstår som følge av at arbeidsgrupper fra forskjellige fag opererer på samme område til samme tid. Ved å identifisere konfliktene tidlig i prosessen vil man oppnå en mer realistisk plan, og unngår dermed at planen blir for optimistisk og utfordrende å gjennomføre. I en kritisk vei plan vil den eneste måten å framstille tid og rom konflikter være ved bruk av logiske avhengigheter. Det vil derfor ikke være mulig å formidle bakgrunnen for disse avhengighetene.

Visualiseringen kan være et nyttig verktøy for å oppdage hvilke aktiviteter som er påvirket av endringer i planen. I en nettverksplan trenger planleggeren å se på 2D tegningene og den originale framdriftsplanen for å kunne se for seg konsekvensene ved endringer som er gjort i framdriftsplanen. Her vil en 4D modell gjøre det enklere for planleggeren å avgjøre hvilke aktiviteter som blir påvirket, ved å se på hvilke deler av konstruksjonen som trenger å bli endret. Når endringer er gjort kan de være vanskelige å oppfatte for byggherre ved å benytte en nettverksplan. Det kommer av at nettverksplanen kun kan representere effekten som forandringer har på andre aktiviteter med forskjellige varigheter og start og slutt tidspunkter. Det er derfor vanskelig å se bakgrunnen til forsinkelsen. En 4D modell vil kunne vise grafisk hvilke deler av konstruksjonen som er påvirket og kan da gi brukere en bedre forståelse av bakgrunnen for forsinkelsen som oppstår.

#### *Integrert verktøy:*

Som et integrert verktøy i planleggingsprosessen påpeker Koo & Fischer (1998) at en 4D modell vil kunne være nyttig for å formalisere design og konstruksjons informasjon, og oppfordre til samarbeid mellom prosjektdeltakere. Siden 4D modellen består av geometrisk informasjon og planleggingsinformasjon satt i sammenheng, vil det med fordel kunne benyttes til å hjelpe prosjektdeltakerne å se andres perspektiv på prosjektet, som ved at modellen viser bygningsinformasjon vil den kunne hjelpe designeren å påpeke viktige aspekter ved konstruksjonen

overfor entreprenøren. Entreprenøren kan ved bruk av modellen påpeke hvordan konstruksjonsprosessen blir påvirket av designet, siden modellen inneholder prosjektplanen. Ved å lage en 4D modell vil også brukeren kunne evaluere planen og finne begrensninger ved konstruksjonen som tvinger planen til å bli gjennomført på en bestemt måte. 4D modellen gir i tillegg planleggeren mulighet til å informere designeren om problemene de møter som følge av designet, og oppfordrer derfor til samarbeid mellom designer og entreprenør.

#### *Analyse verktøy:*

Siden 4D modellen integrerer midlertidige og romlige aspekter, gir det planleggeren mulighet til å gjøre analyser uten å måtte forestille seg prosessen mentalt. Ved at planleggeren får analysert mulige tid-rom konflikter, sikkerheten på byggeplassen og begrensninger knyttet til bruk av byggeplassen vil problemer bli oppdaget og man kan lage en plan som er mer realistisk.

#### **2.5.5 Bruksområder for 4D BIM**

I følge Koo og Fischer (2000) vil det å tilføre en fjerde dimensjon til 3D modellen være nyttig for bruk i for eksempel prosjektstyring. Metoden er benyttet til å koordinere hovedentreprenører, underentreprenører og leverandører (Consigli AS, (2012)).

Eastman, et al. (2011) definerer 5 nytteområdene for bruk av 4D modeller. Vi vil videre gjengi disse nytteområdene basert på Eastman, et al. (2011) sin teori:

#### *Kommunikasjon*

Simuleringen man oppnår som følge av å koble framdriftsplanen og modellen gir mulighet til å kommunisere den planlegte konstruksjonsprosessen på en visuel måte til prosjektdeltakerene. Modellen som i tillegg til å vise aktivitetet og varighet, viser også midlertidige og plassavhengige aspekter og kommuniserer dette mer effektivt enn et gantt-diagram. Dette vil si aspekter som hvor de forskjellige aktivitetene gjennomføres, lagring av materialer og plassering av midlertidige konstruksjoner.

#### *Tilbakemelding fra interessenter:*

En 4D modell kan være et nyttig verktøy for presentering til interessenter av hvordan gjennomføringen av prosjektet påvirker samfunnsfunksjoner. Ved at informasjonen blir presentert på en visuell måte, gir det større mulighet for interessentene å gi tilbakemelding på gjennomføringen.

#### *Planlegging av logistikk på byggeplassen:*

Ved at modellen også inneholder en grafisk framstilling av byggeplassen kan den være et nyttig hjelpemiddel for planlegging av lagringsområder, adkomst til anleggsområdet, plassering av anleggsmaskiner, trailere med mer.



### *Koordinering av leveranser og arbeid:*

Planleggeren kan ved bruk av modellen koordinere leveringstidspunkter for leveranser til byggeplassen med bakgrunn i aktiviteter på byggeplass og tilgang på lagringsplass. Modellen kan også være nyttig for koordinering av arbeid ved mye aktivitet i trange områder.

### *Sammenligne framdrift og logging av konstruksjonsprosessen.*

Ved at det er en kobling mellom aktivitetene i framdriftsplanen og modellen kan prosjektlederen enkelt sammenligne de forskjellige alternative framdriftsplanene i prosjektet og så kunne se hvordan alternativene påvirker konstruksjonsprosessen. Ved gjennomføring av prosjektet er modellen nyttig til identifisering av om prosjektet er i rute.

### **2.4.5 4D prosess**

4D Prosessen er en anbefalt metode til bruk av 4D BIM til koordinering av hovedentrepriser, underentrepriser og leverandører, utviklet av buildingSMART Norge. Formålet med BIM-prosessen er å vise hvordan BIM kan benyttes i planlegging av både ressurser og tid i en byggeprosess. (Consigli AS, (2012))

Gjennom 4D prosess anbefaler Consigli AS (2012) en framgangsmåte bestående av 7 punkter med tanke på å ta i bruk BIM som en del av framdrift og ressursstyringen i prosjektet:

#### 1) Bestilling byggeproduksjon

Dette innebærer at det er bestiller av bygget som tar beslutningen om bygget skal oppføres. Som en del av bestillingen er det ofte definerte krav som må tas hensyn til i framdriftsplanen. Det må også defineres hvem som er ansvarlig for planlegging og oppfølging av framdriftsplanen. I de fleste tilfeller er dette avhengig av valg av entrepriseform.

#### 2) Detaljert framdrift

Neste del av prosessen er at det må etableres en detaljert framdriftsplan for gjennomføring av bygget. Detaljnivået og tidsbruken i framdriftsplanen blir da estimert ut i fra behov og tilgjengelig informasjonsgrunnlag

#### 3) Kobling mellom framdrift og BIM

For å oppnå en visualisering av planen er det nødvendig å koble aktiviteter i framdriftsplanen med objektene i BIM-modellen. For å gjennomføre denne koblingen må man benytte en BIM-programvare tilpasset formålet. For å oppnå en god kobling må det her tas stilling til hvor detaljert man ønsker at denne koblingen skal være. BIM-modellen og framdriftsplanen må være tilpasset det valgte detaljnivået, slik at en post i framdriften tilsvarer et objekt i BIM-modellen.

#### 4) Visualisering av framdrift

Når denne koblingen er gjort i en BIM-programvare tilpasset formålet, vil resultatet være at man får en visualisering av framdriftsplanen. Nå kan produktet benyttes til blant annet egen kontroll av framdriftsplanen, enkelt se deler av bygget som er glemt i planen og på en effektiv måte kommunisere hvor utførende aktører skal være til enhver tid i prosjektet.

#### 5) Prosjektering

Framdriftsplanen benyttes også til å definere når produksjonsmodeller og tegninger må være ferdig, ut ifra når materialet trengs å benyttes. Det er lurt at entreprenøren i forkant har stilt krav til BIM-en som skal leveres i de forskjellige fasene av prosjektet. Dette innebærer f. eks å stille krav til at modellen tilpasses produksjonsmessige størrelser og soner som er definert i framdrift, hvis modellen skal benyttes til å visualisere framdrift i produksjonen.

#### 6) Planlegging av gjennomføring og rigg

BIM-modellen kan være god til å benytte i planlegging av rigg på byggeplassen, f. eks kan kraner og leveranseplasser modelleres og markeres i framdriftsplanen for å sikre god logistikk.

#### 7) Leveranseplan.

Gjennom BIM kan leveranse av materiale optimaliseres for å forbedre logistikken ved produksjon. Dette kan man oppnå ved at BIM på en god måte tilrettelegger for planlegging av hvor leveransene på byggeplass skal gjøres.

### 3 Metode

Formålet med denne studien er som tidligere beskrevet å gjennom en mindre entreprenør å beskrive utfordringer knyttet til å ta i bruk 4D BIM hos mindre entreprenører, og se på hvilke mulige gevinster en 4D modell kan gi entreprenøren.

#### 3.1 Valg av metode for innsamling av data

##### *Kvalitativ eller kvantitativ innsamling*

Ved innsamling av data i samfunnsvitenskapelig metode beskriver Johannesen, et al. (2011) at det skilles mellom kvalitative og kvantitative metoder. Kvalitativ metode handler om at data samles inn i form av tekster, lyd og bilder, gjennom observasjoner, intervjuer og gruppesamtaler. Kvantitative metoder handler om å samle inn og registrerer data i form av tall. Den vanligste måten å samle inn data på er ved å benytte spørreskjemaer med faste spørsmål og oppgitte svaralternativer. Mens kvalitativ metode har lite formaliserte prosedyrer for innsamling og analyse av data, er det ved kvantitativ analyse utviklet spesielle statistiske prosedyrer.

I denne oppgaven er det mulig å ta i bruk begge metodene for innsamling av data. Siden bedriften som benyttes i casen ikke har erfaring med 4D BIM. Det må derfor gjennomføres en informering av informantene om temaet, før de kan uttale seg om 4D BIM. Det vil derfor være spesielt utfordrende å ta i bruk kvantitativ metode for innsamling. Dette kommer av at det vil være utfordrende å få nok informanter til å kunne uttale seg om temaet, slik at vi oppnår nok data. Det vil samtidig være stor risiko for at det gjennom introduisering av temaet og måten spørsmålene blir stilt på vil være ledende for svarene informantene gir. Vi velger i denne oppgaven i hovedsak å basere oss på kvantitative data. Det vil ikke eliminere risikoen for at informantene blir påvirket av forskeren, men det gjør at man gjennom intervjuene får svar som baserer seg på informantens kunnskap og erfaringer. Slik vil man oppnå at svarene får en mindre påvirkning av forskeren.

##### *Forskningsdesign*

For å vite hvordan man skal komme fram til et resultat kan det være lurt å bestemme seg for en framgangsmåte for hvordan man velger å samle inn data. Det er derfor viktig å bestemme et forskningsdesign. I denne oppgaven velges det å benytte case studie siden det velges å samle inn mye informasjon knyttet til en enkelt «Case». I denne casen vil vi studere fenomenet 4D BIM, gjennom innsamling av data om fenomenet innenfor den valgte «casen». Det ville i oppgaven vært mest hensiktsmessig å samle inn informasjon fra flere caser. Dette ville blant annet gitt en bedre studie ved at dataene ville vært mer troverdige. På grunn av valg av metode og tidsbegrensninger i prosjektet er ikke dette mulig.

## 3.2 Casestudie med intervju

### 3.2.1 Valg av case

#### *Kriterier for casen*

I oppgaven fokuseres det på muligheten for bruk av 4D BIM hos en mindre entreprenør. Utrykket mindre entreprenør brukes for å beskrive en entreprenør i en nasjonal sammenheng. På den måten beskriver det en bedrift som er avgrenset til et lokalt område, men lokale eiere. De ansatte har en nærhet til ledelsen, noe som gir liten grad av formalitet og standardisering av arbeidsoppgaver. Bedriften har en liten, begrenset stab, på denne måten oppnår de et lite hierarki og stor frihet for de ansatte. Dette gir allsidige ansatte, men mindre grad av spesialisering. I tillegg til at casen må være en liten entreprenør, må entreprenøren ha prosjekter hvor det utvikles en eller flere BIM modeller og framdriftsplanen må planlegges i en dataprogramvare for formålet. Som case i denne oppgaven vil vi benytte entreprenøren Masiv Bygg.

#### *Masiv Bygg*

Masiv Bygg AS er en av de største lokale totalentreprenørene på Nord-Jæren. De utfører byggeprosjekter som kontor, industri, lager, butikk, kjøpesenter og bolig, og tar ansvar for hele byggeprosessen fra ide til ferdig bygg. De har størst kompetanse på utvikling av bygg med stor bruk av prefabrikkerte løsninger. Bedriften hadde i 2015 en omsetning på 730,3 millioner kroner, og ble da rangert som landets 35 største entreprenør av Byggeindustrien (Byggeindustrien, (2016)). De hadde på det tidspunktet 48 ansatte. Av egenproduksjon ved utførelse har bedriften kompetanse på betong og elementmontasje. Masiv Bygg AS er en del av konsernet Masiv AS som er et familieeid konsern med virksomheter innen eiendom og entreprenør.

#### *40Femti*

For å se på hvilken mulighet en mindre entreprenør har til å benytte en 4D modell i sine prosjekter benyttes et av Masiv Bygg sine pågående prosjekter. Prosjektet som benyttes heter 40Femti, som er utbygging av et nytt boligkvarter i Sola Sentrum, i Rogaland. Illustrert i figur 2. Prosjektet er utviklet av eiendomsfirmaet Masiv Eiendom og består av i alt 5 boligblokker. Utbyggingen av boligkvarteret vil gjennomføres i flere byggetrinn og Masiv Bygg utfører arbeidet som en totalentreprise hvor de er ansvarlige for prosjektering og utførelse.



Figur 2: Illustrasjon av prosjektet 40Femti, <http://40femti.no/om-prosjektet/>

I denne oppgaven vil vi ta utgangspunkt i det første byggetrinnet for utbyggingen av 40Femti. Dette byggetrinnet omfatter utbyggingen av første av de i alt 5 boligblokkene og deler av garasjeanlegget under boligblokkene. Boligblokken er en 6 etasjes boligblokk, bestående av i alt 38 leiligheter. Byggets bæresystem er en kombinasjon av prefabrikkerte betongelementer og bæresystem i stål. Resten av fasaden er tenkt utført som klimavegger. Ved utarbeiding av denne oppgaven var prosjektet helt i starten av utførelsen og det ble jobbet med gravearbeider og peling. Ved utførelse av casestudiet har det blitt tatt utgangspunkt i det materialet som har foreligget i prosjektet ved oppgavens start (01.02.17). Dette er 2 BIM-modeller og en framdriftsplan. BIM modellene er utarbeidet av Arkitekt(ARK) og Rådgivende Ingeniør for Bygg(RIB), og deles ved bruk av filformatet IFC. Framdriftsplanen er utarbeidet i Microsoft Project av Prosjektleder.

### *Problemstilling*

Her velges det å gjenta oppgavens problemstilling:

«Hvilke mulige gevinster kan man oppnå ved bruk av 4D BIM hos en mindre entreprenør?»

Oppgaven vil bli løst gjennom å besvare noen delspørsmål:

1. Hvilken mulighet har en mindre entreprenør til å benytte en 4D modell i sine prosjekter?
2. Hvilket potensiale ser prosjektdeltakere av bruksverdien til 4D modellen?

### 3.2.2 Innsamling av data

For å besvare problemstillingen velges det å samle inn data fra casen på fire måter.

1. Intervjuer med sentrale personer i bedriften for å kartlegge bedriftens fokus på prosjektstyring og bruk av BIM.
2. Utførende studie hvor muligheten for bruk av en 4D modell i prosjektet beskrives.
3. Intervjuer med prosjektdeltakere for å skape et bilde av potensialet til modellen
4. Spørreskjema om 4D BIM

#### 1. *Intervjue om bedriften*

Siden det ikke er tilgang på formelle dokumenter for hvordan framdrifts- og ressursplanleggingen skal gjennomføres i bedriften, vil det gjennomføres intervjuer for å kunne beskrive bedriften. Gjennom intervjuene vil det forsøkes å besvare hvordan bedriften jobber med prosjektstyring, framdrifts- og ressursplanlegging, samt bedriftens fokus på BIM. Det benyttes intervju til dette formålet for det ønskes at informasjonen fra informantene skal være preget av deres egne oppfatninger av bedriften og baseres på deres egne erfaringer. Rekruttering av informanter vil bli gjort internt i Masiv Bygg. Det foretrekkes å benytte kandidater som sitter i ledelsen i bedriften eller jobber som prosjektledere ved en av bedriftens prosjekter. Intervjuet vil bli utført som et delvis strukturert intervju, som vil si at intervjuet baserer seg på en intervjuguide mens rekkefølgen på spørsmål og temaer kan variere (Johannesen, et al., (2011)). Denne intervjuguiden er lagt ved som vedlegg til oppgaven. Siden oppgaven krever at informanten er reflektert rundt svarene ble spørsmålene fra intervjuguiden sendt til informantene noen dager i forveien. Dette var for å gi informanten mulighet til å forberede seg til intervjuet.

#### 2. *Utførende studie*

Det ble også gjennomføre en utførende studie hvor det ved å benytte et 4D BIM verktøy ble modellert en 4D modell med utgangspunkt i materialet som benyttes i boligprosjektet 40Femti. Dette vil bli gjort for å kunne analysere hvilken mulighet bedriften har til å ta i bruk 4D framdriftsplanlegging og hvilken kvalitet en slik modell vil ha. Modelleringen vil gjennomføres etter bestemte steg, på denne måten vil det forsøkt å sikre en grundig beskrivelse av framgangen i studien.

1. Først vil det gjennomføres et valg av programvare.
2. Opplæring i programvaren
3. Vurdering av framdriftsplanen
4. Vurdering av BIM
5. Kobling av BIM og framdriftsplan

### *3. Intervju om modellen*

Det vil gjennomføres flere intervjuer hvor prosjektdeltakere vil bli presentert for prosjektet, 40Femti sin framdriftsplan og 3 metoder for å formidle innholdet i 4D modellen. Informantene ble etter hver metode bedt om å beskrive hvordan de oppfattet metoden. Analysen av materialet vil brukes til å evaluere modellen og beskrive potensialet som modellen har.

Evalueringen vil bli gjennomført som en målevaluering. Målene som skal evalueres er:

- Har 4D modellen potensialet til å forbedre framdriftsplanleggingen
- Har 4D modellen potensialet til å forbedre formidlingen av prosjektgjennomføringen
- Har 4D modellen potensialet til å forbedre oppfølgingen av prosjektet

Det velges å benytte intervju som metode for datainnsamling siden det ønskes at informasjonen fra informanten skal være preget av informantens oppfatning av presentasjonsmetodene og at informanten skal ha mulighet til å gi tilbakemeldinger basert på sine egne erfaringer med prosjektoppfølgning. Intervjuet vil bli gjennomført som et delvis strukturert intervju. Dette er fordi det ønskes at informanten skal ha en mulighet til å lede retningen av intervjuet og at forskeren skal ha mulighet til å stille oppfølgende spørsmål. Intervjuet vil følge en intervjuguide, som er lagt ved i vedlegget.

Ved rekruttering av informanter var det i hovedsak ønskelig å benytte prosjektdeltakere som var en del av prosjektet 40Femti. Siden prosjektet var i en tidlig fase av gjennomføringen var få av underentreprenørene kontrahert. Noe som gjorde det utfordrende å rekruttere informanter fra ulike deler av prosjektet med ulik innfallsvinkel på oppgavene modellen fremhever. Det ble derfor valg å rekruttere informanter internt i bedriften med erfaring innen prosjektplanlegging og prosjektoppfølgning.

### *4 Spørreskjema om 4D BIM*

Alle informantene som deltok i intervjuet om modellen, ble bedt om å besvare et spørreskjema. Ved bruk av spørreskjema forsøkes det å kartlegge hvordan informantene stiller seg i forhold til noen bestemte påstander om hvilken nytte en 4D modell vil ha og hvilke metoder for planlegging de selv vil foretrekke. Spørreskjemaet krever at informanten har kjennskap til 4D planlegging og blir derfor kun besvart av informantene som er med i intervjuet. Spørreskjemaet vil ikke bli brukt direkte, men være et grunnlag for analysen.

### 3.2.3 Behandling av data

Etter at dataene er blitt samlet gikk store deler av den resterende jobben på å redusere, analysere og tolke dataene opp mot teori. Siden det kan være vanskelig å se en sammenheng i det kvalitative datamaterialet, var det viktig å prøve å organisere datamaterialet for å oppnå en oversikt og se noen mønster (Johannesen, et al., (2011)). Dataene ble behandlet hver for seg, for hver av de 4 måtene dataene ble innsamlet. Dataene ble videre organisert etter temaene som ble tatt opp i intervjuet. I analysen ble dataene tolket i en helhet, og de funnene som opplevdes som viktige for å kunne belyse problemstillingen ble plukket ut. Resterende av jobben gikk videre ut på å vurdere dataene opp mot allerede eksisterende teori.

### 3.2.4 Evaluering av metoden

Det er nødvendig å evaluere undersøkelsen for å kunne forsikre oss om at kvaliteten på forskningsopplegget er godt. For kvalitativ metode benytter Lincoln og Guba(1985) og Gube og Lincoln (1989) begrepene pålitelighet, troverdighet, overførbarhet og bekreftbarhet for å måle kvalitet på kvalitative undersøkelses opplegg (Johannesen, et al., (2011)). Vi vil basert på deres teori gjøre en evaluering av undersøkelses opplegget.

#### *Pålitelighet*

Pålitelighet handler om dataene som er benyttet i undersøkelsen. Her fokuseres det på hvilke data som er anvendt, hvordan forskeren har innhentet data og hvordan dataene har blitt bearbeidet. Forskeren kan styrke påliteligheten ved å gi leseren en inngående beskrivelse av konteksten og en åpen og detaljert framstilling av fremgangsmåten under forskningsprosessen. (Johannesen, et al., (2011)). Dataene som er blitt samlet inn i oppgaven er samlet inn ved bruk av intervjuer og en utførende studie. For å oppnå mest mulig pålitelige data gjennom forskningsprosessen er det i intervjuene blitt benyttet intervjuguider, slik at innsamlingen av data skal være mulig å forstå. Samtidig er intervjuene gjennomført som delvis strukturerte intervjuer, noe som ikke gir garanti for at intervjuguiden ble fulgt. Totalt ble det gjennomført 9 intervjuer, blant 7 informanter, og samtalen med informantene opplevdes aldri lik. Gjennom det utførende studiet ble datainnsamlingen gjort gjennom observasjoner. For å styrke påliteligheten på dette området er det blitt gitt en beskrivelse av konteksten og framgangsmåten på det som observeres under forskningsprosessen. Samtidig beskriver Johannesen, et al., (2011) at krav om pålitelighet ikke er like hensiktsmessig innenfor kvalitativ forskning, som ved kvantitativ forskning. Dette kommer av at det ikke benyttes en strukturert teknikk for datainnsamling, siden datainnsamlingen styres av samtalen. Observasjonene er klart verdiladet og kontekstavhengig, noe som gjør det umulig for andre forskere å duplisere en kvalitativ forskning. Samt at forskeren benytter seg selv som instrument, som gjør at ingen andre kan tolke dataene på samme måte.



### *Troverdighet*

Troverdighet i kvalitative undersøkelser dreier seg om i hvilken grad forskerens fremgangsmåte og funn på en riktig måte reflekterer formålet med studien og representerer virkeligheten (Johannesen, et al., (2011)). Lincoln og Guba(1985) viser til teknikkene vedvarende observasjon og triangulering for å øke sannsynligheten for at forskningen frembringer troverdige resultater (Johannesen, et al., (2011)). I denne oppgaven er det benyttet en form for metodetriangulering, hvor det er benyttet 4 måter å samle inn data. Det blir tatt utgangspunkt i flere settinger for å oppnå varierende data om framdriftsplanlegging i entreprenørbedriften i casen og om temaet 4D BIM. Målet med dette er å sikre at dataene belyser formålet med oppgave.

### *Overførbarhet*

En undersøkelses overførbarhet dreier seg om hvorvidt det lykkes en å etablere beskrivelser, begreper, fortolkninger og forklaringer som er nyttige på andre områder enn det som studeres (Johannesen, et al., (2011)). I denne oppgaven er vi opptatt av utfordringene knyttet til å ta i bruk 4D BIM og gevinstene som bedriften kan oppnå. Utfordringene som beskrives knyttet til å benytte en 4D modell i en mindre entreprenørbedrift, vil kunne overføres til bedrifter som sammenfaller med beskrivelsen av bedriften i casen. Gevinstene som oppnås vil hovedsakelig være knyttet til fenomenet 4D BIM, noe som gjøre at de vil være overførbare til de fleste bedrifter som benytter 4D BIM.

### *Bekreftbarhet*

I kvalitative oppgaver har forskeren mulighet til å bringe unike og egne perspektiver inn i studien de gjennomfører. Bekreftbarhet er da viktig for å kunne sikre at funnene i oppgaven er et resultat av forskning og ikke et resultat av forskerens subjektive holdninger (Johannesen, et al., (2011)). For å styrke bekreftbarheten er det viktig at forskeren legger vekt på å beskrive alle beslutninger i hele forskningsprosessen, og at forskeren gjør en vurdering av om fortolkningen støttes av annen litteratur eller informantene i undersøkelsen (Johannesen, et al., (2011)). For å styrke bekreftbarheten til metoden er det i tillegg til at metoden har blitt beskrevet, gjort vurdering av fortolkningene mellom de forskjellige datainnsamlingsmetodene, samt at dataene er vurdert opp mot eksisterende litteratur på området.

## 4 Resultater

### 4.1 Intervju om Masiv Bygg

Tabell 1: Informantene

Informant	Yrke	Utdanning	Alder	Erfaring i yrket
1	Prosjektleder	Prosjektledelse	31 år	7 år
2	Prosjektleder	Ingeniør		3 år
3	Driftssjef	Teknisk Fagskole		12 år
4	Prosjektleder	Tømrer	37 år	1 år
5	Byggeplassleder		64 år	20 år
6	Byggeplassleder	Tømrer	50 år	10 år
7	Prosjektleder	Teknisk Utdanning	59 år	12 år

Det har blitt gjennomført 3 intervjuer med sentrale personer i bedriften for å skape et bilde av bedriften og måten de jobber på. Informantene i dette intervjuet er informant 1, 2 og 3. Intervjuene ble gjennomført basert på en intervjuguide. Spørsmålene prøver å gå litt i dybde på hvordan bedriften fokuserer på framdriftsplanlegging og BIM. For at informantene skal kunne gi reflekterte svar ble spørsmålene tilsendt informanten noen dager på forhånd. Resultatet fra disse intervjuene blir presentert her under.

#### 4.1.1 Bedriften

Informantene beskriver Masiv Bygg som en liten bedrift med en lokal eier. De beskriver seg selv som små og enkle, med en liten administrasjon og enkle systemer. En liten og enkel administrasjon beskriver en bedrift hvor ansatte, ledelsen og eier sitter i samme lokaler. Dette mener de gir et lite hierarki, raske avklaringer og stor frihet. Enkle systemer gir stor frihet og fleksibilitet, samt at det gjør arbeidet overkommelig og gir et system som er gjennomførbart. De forteller at disse sidene ved bedriften er med å gir en fleksibel og handlekraftig bedrift, som klarer å følge med på endringene i markedet.

Informant 1 beskriver bedriften slik: «Prosjektledelse, prosjektstyring og prosjektplanlegging, det er det vi er flinke på». Gjennom intervjuene tyder det på at det i prosjektene er en stor grad av innkjøpte tjenester. Informant 2 sier at mye av arbeidet går på å administrere underentreprenører og at de ikke egentlig har så mye egenproduksjon. Dette bekreftes av informant 1 som beskriver at det også hender at de har noen prosjekter hvor de ikke har egenproduksjon. Dette avhenger av prosjektenes kompleksitet og kapasiteten til bedriften. Dette kan være med å begrunne forholdet mellom omsetning og størrelsen på bedriften. På spørsmål om hvilke områder de mener at bedriften skiller seg ut i forhold til tilsvarende bedrifter, velger alle informantene å sammenligne seg mot de større, riksdekkende entreprenørene. De mener at størrelsen på bedriftens administrasjon gir en

enkler og mer effektive organisering, og at bedriften har fordel i at de er spesialiserte på det lokale markedet.

Når informantene blir bedt om å beskrive typiske prosjekter bedriften jobber med, mener de at de har evnen til å håndtere alle typer bygg. «*Vi ønsker å være små, men allikevel store nok til å kunne ta store og krevende prosjekter*»: sier informant 1. Informant 2 påstår at det de er best på er enklere og ikke veldig kompliserte bygg, som ikke krever så mye prosjektledelse. Når bedriften startet opp i 1987 var grunntanken å bygge enkle industribygninger. Det påstås derfor at det er disse type prosjektene bedriften har mest kompetanse på og liker best å jobbe med.

Prosjektene er vanligvis organisert ved at bedriften har en prosjektleder med overordnet ansvar og en byggeplassleder med ansvar for aktiviteten på byggeplass. Prosjektlederne beskriver arbeidsoppgaven slik at de har det overordnede ansvaret for prosjektet og er kontaktperson mellom byggherre, prosjekterende og utførende. Dette gjelder ansvar for alt fra planlegging, prosjektering og prosjektstyring. Prosjektets rammer er fastsatt at totalentreprisen. Dette er mål som ønskede kvaliteter, dato for ferdigstilling og økonomi. Hvordan prosjektet utføres innenfor disse rammene avgjøres av prosjektleder. Prosjektlederen har derfor stor frihet og fleksibilitet knyttet til hvordan de utfører oppgavene sine for å oppnå disse målene. Byggeplasslederne fungerer som en forman på byggeplassen og har ansvar for den daglig oppfølging av aktivitetene på byggeplassen, og er de som har daglig kontakt med underentreprenørene. På større prosjekter vil det være nødvendig med flere prosjektdeltakere fra bedriften. Da vil man gjerne ha en egen prosjekteringsleder som da har ansvar for prosjekteringen av prosjektet, og eventuelt 2 byggeledere.

#### 4.1.2 Framdriftsplanlegging

Alle tre informantene er enige om at en godt planlagt framdriftsplan er avgjørende for å få en god gjennomføring av prosjektet. Viktigheten av å få en god start på gjennomføringen poengteres. «Får man en treg og dårlig start vil det som regel få konsekvenser utover i prosjektet» sier informant 3. Informant 2 mener at hvis det blir formidlet ut i prosjektet at man har god tid, blir prosjektet nedprioritert og arbeidet vil gå seinere. Begge deler beskrives som faktorer som fort leder til at det blir travelt på slutten. Det er da viktig å ha laget en god plan som gjøre at alle fagene kommer inn når de skal, at fagene får gjort seg ferdig før neste fag begynner og at alle fagene får en jevn produksjon. En dårlig planlagt gjennomføring vil ofte gå utover økonomi og HMS i tillegg. Informant 2 beskriver det slik: *Vi ser jo gang på gang at hvis vi sliter med framdriften og må øke ressursene, så går det ut over økonomien*. Informant 3 sier om HMS at: «*Det er farlig når alle skal gå oppi hverandre*».

På spørsmål om viktigheten av god kommunikasjon rundt framdriften besvarer informant 1 det slik: «*Det hjelper ikke mye med en plan, hvis ikke folk vet hvilken plan som følges*». Byggemøtene og prosjektlederens tilstedeværelse på byggeplass framheves som viktige områder for samtale og diskusjon rundt framdriften. Framdriften er diskutert på hvert byggemøte og justeres for de endringene som oppstår. Informant 2 poengterer at: «Når det oppstår utfordringer knyttet til gjennomføringen, er det viktig at ting avklares raskt. Slik at produksjonen ikke stopper opp og forsinker arbeidet.»

Ved planlegging av framdrift i prosjektet er det alltid satt en ramme for når prosjektet skal gjennomføres. Informantene fokuserer derfor på at utgangspunktet for framdriftsplanleggingen er at man på forhånd har en bestemt sluttdato hvor prosjektet skal være ferdig. Alle aktivitetene som planlegges må derfor få plass innenfor den gitte tidsrammen. Informant 2 jobber med et prosjekt hvor arbeidet forsinkes av de prosjekterende. Forsinkelser gjør at framdriftsplanen ikke kan følges, og prosjektet mister på den måten rammene for utførelse. Han poengterer derfor viktigheten av å ha tydelige rammer for prosjektet. Med definerte rammer er folk mer lojale til planen og det er lettere å stille krav til når arbeid skal være ferdig.

Selve framdriftsplanleggingen bygger mye på erfaringer. De forskjellige aktivitetene som skal gjennomføres bestemmes i hovedsak basert på prosjektleder sin oppfatning av prosjektbeskrivelsen og tegningene som foreligger på planleggingstidspunktet. Med utgangspunkt i beskrivelsen lages det et førsteutkast på framdriftsplanen, som leveres ut til utførende for kommentering. Tidene som er fastsatt i planen bygger da på prosjektlederens egne erfaringer fra tidligere prosjekter og er justert for å passe prosjektets tidsramme. Ved avgjøring av aktivitetenes rekkefølger i planen fokuseres det på å sikre at alle fagene kommer inn til rett tid, at fagene ikke jobber oppå hverandre og at alle fagene får en jevn flyt. Informant 1 fokuserer på viktigheten av avhengighetene og det å ha kontroll på kritiske vei, slik at man til enhver tid har kontroll på aktivitetene som er avgjørende for sluttdatoen.

Alle informantene er enige om at det er viktig å la underentreprenørene delta i planleggingsprosessen. Informant 2 beskriver det slik: «*Vi prøver i stor grad å dra med oss entreprenørene, slik at de får sakt hvor lang tid de trenger på de forskjellige aktivitetene, og så syr vi dette sammen*». Alle informantene er enige at det er viktig at underentreprenørene får mulighet til å påvirke framdriftsplanen, slik at de får et større eierskap til framdriftsplanen. Informant 2 poengterer da at: «*Det er prosjektet som er i sentrum og ikke den enkelte entreprenør*». Informant 3 sier at en sunn dialog er viktig for å få alle til å dra i samme retning

På spørsmål om hva de syns er utfordrende med framdriftsplanlegging svarer alle informantene litt forskjellig. Informant 2 påpeker at det er vanskelig å ta høyde for uforutsette ting som kan dukke opp underveis og gjøre at aktivitetene kan ta lenger tid enn det de var planlagt. Informant 1 beskriver spesielt 2 sider ved framdriftsplanleggingen som utfordrende. Det ene er prosjekter hvor man bygger på et eksisterende bygg der det skal være pågående drift i bygget under byggeprosessen. Det andre er værforhold som påvirker gjennomføringen, slik som frost under gravearbeid. Informant 3 syns det som er mest utfordrende med framdriftsplanlegging er når prosjekter skal gjennomføres over en så kort tidsperiode at prosjekterende ikke får nok tid før utførelsen begynner. Dette gjør at prosjektering og utførelse skjer parallelt som skaper en presset situasjon for prosjekterende og gir utfordringer i forhold til å planlegge utførelse. Dette ble også presisert av informant 2, som er i en liknende situasjon.

Når informantene blir spurt om hvilke rutiner de har for oppfølging av framdriften trekkes byggemøtene frem som en viktig del av framdriftsoppfølgingen. Byggemøtet er et møte som holdes hver 14 dag under byggeprosjektets utførelse, ukentlig hvis prosjektet er kritisk. Her møter prosjektleder og byggeleder representanter for underentreprenørene og diskuterer framdrift, HMS, Kvalitet, Økonomi og andre aktuelle temaer. En av prosjektlederene mener at framdrift er en av de viktigste delene av byggemøtene og at han benyttes 1/3 av tiden møtet til å diskutere framdriften. Hvordan det legges til rette for diskusjon rundt framdriften varierer fra prosjektleder til prosjektleder, men begge prosjektlederene sier at de foretrekker å ta ut et utsnitt av hovedplanen. Hvor stort det utsnittet er varierer. Informant 1 benytter en 6 ukers periode, mens informant 2 benytter en 14 dagers periode. Disse utsnittene inneholder pågående, forsinkede og kommende aktiviteter. Informant 1 fokuserer på at han foretrekker å holde aktivitetene oppdatert med prosent utført, og fjerne aktiviteter fra planen etter hvert som de er utført. Informant 2 virker til å være mest opptatt av at utsnittet skal vise de kommende aktivitetene. Begge prosjektlederene fokuserer på framdriftsplanen som et levende dokument. Det vil si at planen skal justeres utover i prosjektet slik at den er mest mulig lik den pågående gjennomføringen. Informant 1 er opptatt av at planen skal justeres etter hvert byggemøte, mens informant 3 viser til et prosjekt der planen oppdateres en gang i måneden. Den justerte framdriftsplanen sendes ut som et vedlegg til møtereferatet fra byggemøtet til de involverte i prosjektet.

#### 4.1.3 Ressursplanlegging

På spørsmål rundt ressursplanlegging er alle informantene klare på at det er underentreprenøren sitt ansvar å planlegge hvor mange folk de trenger på de forskjellige aktivitetene. Det er derfor den planlagte tiden som legger føringene for hvor mange mann som er nødvendig. Planleggingen fokuserer på å sikre kontinuerlig arbeid for de forskjellige entreprenørene og arbeidsmengden til et

fag planlegges etter hva prosjektleder tenker som fornuftig. Informant 2 sier det slik: «Alle vet jo at det å pøse på med folk ikke er noe særlig fornuftig» Begge prosjektlederene er opptatt av et det er viktig hvem som er på prosjektet. Informant 1 fokuserer på at det er viktig å holde kontinuerlig arbeid slik at folk ikke flyttes til andre prosjekter og man får noen nye tilbake. Kunnskapen de bygger seg opp over tid i prosjektet er viktig å ivareta. Informant 2 fremhever viktigheten av personlige relasjonen for å få en god kommunikasjon i prosjektet. Det er først ved oppfølgingen av prosjektet at prosjektlederene og byggelederen er opptatt av hvor mange mann som jobber for de forskjellige fagene. Hvis underentreprenøren ikke klarer å oppfylle rammene satt i framdriftsplanen, vil de bli bedt om å se på muligheter for å øke bemanningen slik at det ikke skaper forsinkelser.

#### 4.1.4 Bruk av BIM

Når personene blir spurt om BIM i bedriften er alle enige om at bedriften ikke har noen rutiner knyttet til bruk av BIM. Det presiseres derfor at BIM ikke er noe som benyttes aktivt. Informant 2 begrunner dette med at modellen ikke blir detaljert nok, og at de uansett er avhengige av å bruke 2D tegninger. Han viser til prosjekter som han har deltatt i tidligere hvor det har vært stort BIM fokus. Han mener at det der ble et for stort fokus på å ferdigstille modellen, og at det da går på bekostning av arbeidstegningene. Informant 1 sier at han har gode erfaringer med at ARK og RIB benytter BIM i hans prosjekter. Han sier at det har gitt vesentlig mindre kollisjoner, men han opplever at det kan være problematisk at prosjekterende stoler for mye på BIM programmet og blir for dataavhengig. Informant 3 stiller spørsmål ved gevinsten av bruk av BIM i deres prosjekter, når han blir spurt om bedriftens rutiner. Oppstår det så mye feil i deres prosjekter at det vil lønne seg å ha en egen BIM koordinator? Han påstår at det ikke oppstår så mange store byggefeil, mye på grunn av at de vanligvis bygger bygninger de har god kjennskap til fra før. Han forteller også at de har et fast samarbeid med RIB, hvor RIB har en egen BIM koordinator som gjør kollisjonstester på modellene deres. Noe som gjør at de i mindre grad ser nytten i å ansette en egen BIM koordinator.

Samtidig som at bedriften ikke har fokus på bruk av BIM, har de i de fleste prosjekter en digital 3D modell av bygget. Modellen er da en .ifc fil levert fra ARK og RIB. Bruk av BIM i deres prosjekter er kun et krav hvis byggherre krever det. Samtidig presiserer en av prosjektlederne at selv om det ikke er et formelt krav, bruker de kun ARK og RIB som benytter seg av BIM. Dette kommer av et det er vanlig at disse fagene benytter BIM i sitt arbeid. Dette gjør at de i nesten alle prosjekter har tilgjengelig en 3D modell. Den eneste bruken de selv har av modellen er i form av å visualisere prosjektet og orientering i bygget.

I intervjuet kommer det også fram at det ofte er dialog mellom ARK, RIB og teknisk, hvor BIM modellene deles og kontrolleres mot de andre modellene. Delingen av BIM modell og arbeidstegninger skjer ved bruk av en nettbasert sky som gir alle prosjektdeltakerne tilgang til alle detaljene i prosjektet.

## 4.2 En 4D modell

### 4.2.1 Valg av program:

Det finnes flere programvarer hvor man kan tilføre BIM modellen et tidsaspekt. Dette kan være BIM programmer med en egen 4D funksjon, eller det kan være egne 4D BIM verktøy (Eastman, et al., (2011)) Vi vil i denne oppgaven benytte en egen 4D BIM verktøy. Dette kommer av at bedriften i casen ikke benytter BIM i sitt daglige arbeid, og derfor ikke har knyttet seg til et bestemt program eller programvareleverandør. Et egen 4D BIM verktøy vil også være fleksibel i forhold til import av BIM-modeller og framdriftsplaner, og tilby bedre hjelpemiddel i forhold til koordinering og oppfølging av prosjekter.

Eastman, et al. (2011) beskriver flere faktorer det kan være lurt å reflektere over ved valg av programvare. Faktorene vil bli gjengitt her og benyttet ved vurdering av det valgte 4D BIM verktøyet.

1. Hvilket filformat programvaren støtter for import av BIM modell og framdriftsplan.
2. Kan programmet importere flere BIM-modeller og oppdatere disse underveis.
3. Gir programmet mulighet for å omorganisere objektene i modellen for å kunne tilpasse modellen for kobling mot framdriftsplanen.
4. Gir programmet mulighet for å sette inn midlertidige objekter.
5. Gir programmet mulighet for å tilføre objekter bevegelser for å simulere aktivitet på anleggsplassen.
6. Kan programmet gjennomføre tid-rom analyser for å gjenkjenne konflikter mellom aktiviteter som gjennomføres i samme område.
7. Støtter programmet muligheten til å lage egendefinerte øyeblikksbilder og videoer for deling med prosjektteamet.
8. Støtter programmet automatisk kobling av objekt og aktivitet slik at koblingsprosessen kan gjennomføres på en enkel måte.

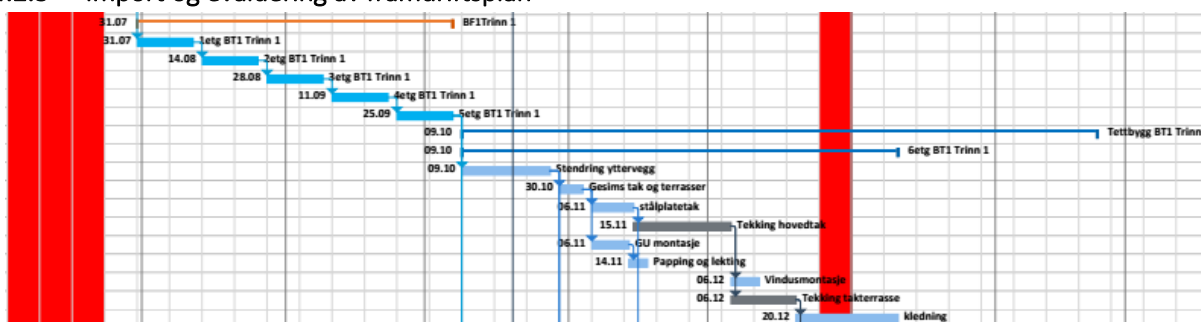
Til å gjennomføre dette utførende studiet besluttet det å benytte dataprogrammet Synchro PRO. Programmet er et 4D BIM planleggings program og VDC prosjektstyrings plattform. Det kan benyttes til å utarbeide, analysere, endre og håndtere prosjektet gjennom hele livssyklusen ved bruk av 4D visualisering (Synchro Ltd, (2017)). Programmet støtter import av mange filformater, import av BIM-modeller og framdriftsplaner, deriblant filformatene IFC og XML som kan benyttes til deling av

materialet som er tilgjengelig i casen. Programmet gir mulighet for å importere flere BIM modeller for å benytte dem samlet for å kunne reflektere alle sider av byggeprosessen. I programmet kan man omorganisere objekter, flytte objekter, sette inn midlertidige objekter og tilføre objektene bevegelser for å simulere byggeaktivitet. Programmet gir mulighet for å lage egendefinerte regler for å automatisk kunne koble objekter og aktiviteter basert på sammenfallende informasjon. Programmet gir planlegger mulighet til å gjennomføre analyser av tid-rom konflikter for å optimalisere framdriftsplanen. Det kan også benyttes til å dele bilder fra bestemte øyeblikk i prosjektet og videoer av prosessen. Programmet er et fullverdig planleggingsverktøy, som gir mulighet til å planlegge hele framdriften, beregne kritisk vei, kontrollere ressurser og kostnader, holde oversikt over framdriften og sammenligne planer (Synchro Ltd, (2017)). Programmet krever derfor mer kunnskap om framdriftsplanlegging og prosjektstyring enn de andre 4D verktøyene for å kunne utnytte hele potensialet. (Eastman, et al., (2011)). Vi vil i denne casen kun benytte 4D BIM verktøyet til å koble framdriften og BIM-modellen, slik at vi kan vurdere de mulige gevinstene man kan oppnå med en 4D modell.

#### 4.2.2 Innføring i programmet

Siden undertegnede på forhånd ikke har kunnskap om bruken av programmet vil det i først omgang være nødvendig å gjennomføre en opplæring for å gjøre seg kjent med programmet og dens funksjoner. Dette gjøres ved bruk av produsentens opplæringsplattform, Synchro Academy. Det er benyttet et læringsopplegg som tilbyr en grunnleggende gjennomgang av viktige funksjoner ved programmet. Læringsopplegget består av skriftlige instruksjoner og videoer, og disse ble fulgt og utført i praksis på en importert modell og framdriftsplan.

#### 4.2.3 Import og evaluering av framdriftsplan



Figur 3: Utsnitt av framdriftsplanen til 40Femti

Framdriften er som tidligere nevnt utarbeidet i Microsoft Project og eksportert til Synchro Pro ved filformatet .xml. Framdriften er utarbeidet av prosjektleder og gir et oversiktlig og systematisk bilde av prosjektet. Et utsnitt av framdriften er vist i figur 3. Framdriftsplanen er delt inn i flere nivåer etter hvor detaljert planen skal være. På det enkleste detaljnivået så er framdriften delt



inn i grunnarbeider, pelearbeider, betongarbeider, elementmontasje, tett bygg og innredning. På neste nivå er elementmontasje, tettbygg og innredning er videre delt opp i etasjer, mens de andre aktivitetene er delt opp i oppgaver. Tettbygg og innredning deles så inn i oppgaver. Alle aktivitetene er koblet med avhengigheter, og er framstilt i rekkefølger slik at avhengighetene er enkle å lese. Alle aktivitetene er framstilt med navn på oppgaven og starttidspunkt. Alle aktivitetene er tilknyttet faget som har ansvar for oppgaven og det er framstilt i diagrammet ved at hvert fag har en egen farge. Framdriftsplanen er dermed bygget opp på en måte som gjør at det gir et godt bilde av prosjektet og systematisk inndeling av oppgavene.

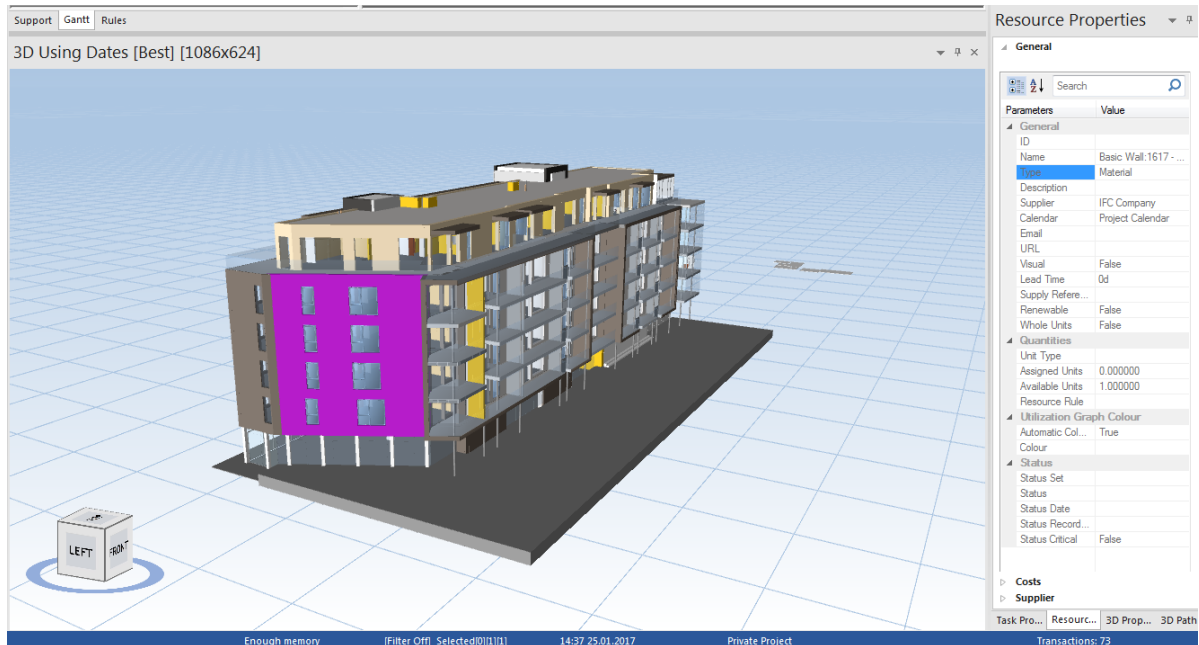
Omfanget til aktivitetene i element montasjen oppleves som noe omfattende. En etasje består i hovedsak av flere prosesser som bæring i stål, elementmontasje og dekke. Aktivitetens omfang gir nok en stor frihet til utførende, men i forhold til å visualisere de forskjellige prosessene ved elementmontasjen blir det noe grovt. Det kan derfor være ønskelig å dele opp aktiviteten slik at vi får et skille mellom bæring og dekke.

Programmet gir mange muligheter knyttet til hvor mye informasjon man ønsker å ha på hver aktivitet. Siden oppgaven i hovedsak fokuserer på programmets mulighet til å framstille en 4D BIM modell for prosjektet, vil vi ikke utforske disse mulighetene noe dypere. For at ikke oppgaven skal bli for omfattende må det også gjøres noen begrensninger i forhold til hvor mye av framdriftsplanen som skal visualiseres. Vi velger derfor å visualisere aktivitetene fram til tett bygg, samt innredning for 5. og 6. etasje. Dette gir mulighet til å studere hvordan programmet framstiller de forskjellige prosessene. Begrensningen er også nødvendig siden lisensen for programmet setter en begrensning på hvor mange aktiviteter man kan ha i framdriftsplanen.

I tillegg er det noen utfordringer knyttet til visualisering av fasadearbeider. Framdriftsplanen har et bra detaljnivå på arbeidene knyttet til fasade, hvor det først er delt inn i etasjer og så videre opp i arbeidene stendring av vegg, GU montasje, papping og lekting og kledning. Utfordringen her er at disse aktivitetene skal vises i BIM-en ved å benytte et stort element, og vil derfor være utfordrende å visualisere aktivitetene for hver etasje. Programmet gir en mulighet til å dele opp objektene. For å prøve å ivareta framdriftsplanen mest mulig original, siden den skal være sammenliknbar mot prosjektets framdrift. Det vil derfor bli forsøkt å gjøre endringer på elementet, i stedet for i framdriftsplanen.

#### 4.2.4 Import og evaluering av BIM modeller

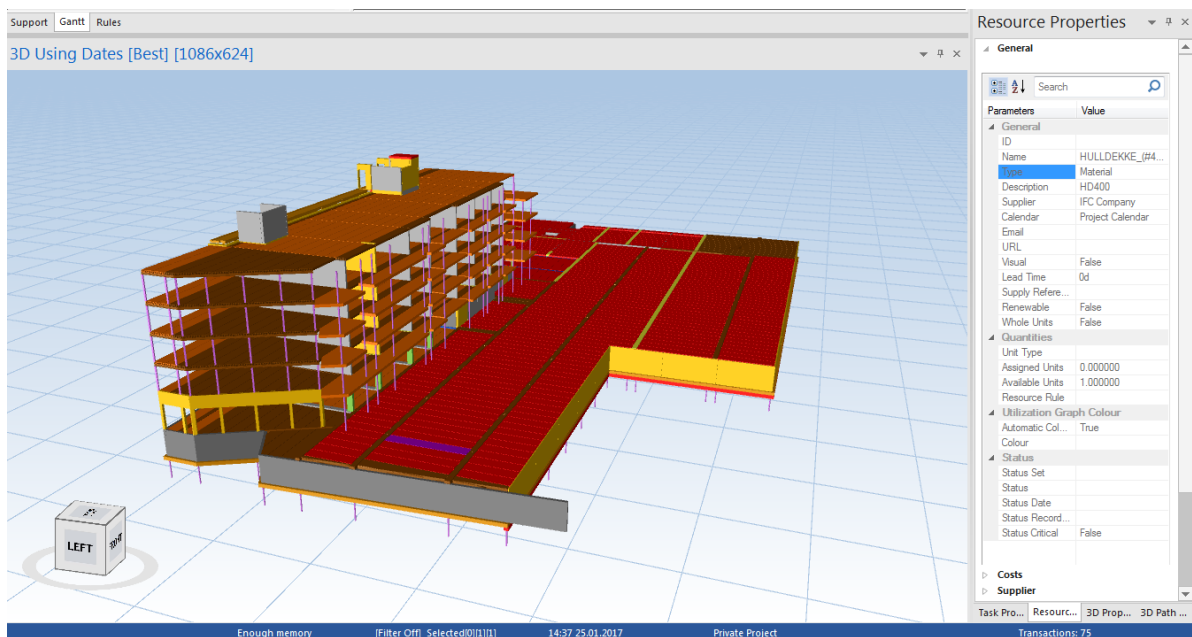
Til gjennomføring av det utførende studiet vil det bli benyttet prosjektets BIM modeller. Det vil bli gitt en beskrivelse av modellen for å si noe om brukbarheten til å framstille prosessen.



Figur 4: BIM-modellen fra ARK

ARK modellen er utarbeidet av arkitekten og er ment for å vise hvordan bygget vil bli seende ut. Modellen er illustrert i figur 4. Modellen benyttes til å visualisere prosjektet og gjøre kontroller mot de andre fagene. Modellen holdes oppdatert etter hvert som det gjøres endringer i prosjektet og gir et helhetlig bilde. ARK modellen gir en bra grafisk framstilling av prosjektet og de fleste objektene opptrer i sine produksjonsmessige størrelser. Modellen inneholder blant annet informasjon om veggtyper, gulv, fasader, vinduer, dører og rominndeling. Grafisk framstår veggene som et element, mens det vil bli utført i flere prosesser. Veggene vil derfor måtte kobles til flere aktiviteter. Utfordringen med kobling av framdriftsplanen vil oppstå som tidligere forklart ved at flere av fasadeelementene for bygget er tegnet som et stort element over flere etasjer, som vist i figur 4. Dette er problematisk fordi aktivitetene i framdriftsplanen legger opp til at de skal produseres over flere aktiviteter, beskrevet per etasje i framdriftsplanen. Utfordringen er da å skape en riktig og ryddig visualisering av prosessene på fasaden. Programmet skal ha mulighet til å dele opp elementer til mindre deler. Hvor omfattende denne prosessen vil være vil beskrives seinere i oppgaven.

Strukturen i modellen som skal gjøre det enklere å finne fram til objektene i modellen er skikkelig utarbeidet og framkommer slik som er standard for IFC-modeller. Dette gjør at modellen er enkel å finne fram i siden alle elementene er strukturert etter element type og etasje. Alle elementene har tydelige navn, og tilknyttet en del informasjon som blant annet ifcType, ifcRelatedType og ifcMaterial.



Figur 5: BIM-modellen fra RIB

RIB modellen er utarbeidet med tanke på hvordan det bærende systemet for modellen skal utformes. Modellen er illustrert i figur 5. Denne deles i prosjektet for å visualisere konstruksjonen og gjøre kontroller mot de andre modellene slik at tegningene stemmer. Modellen har en bra grafisk framstilling og viser hvert enkelt objekt i sin produksjonsmessige størrelse slik det skal oppføres. Dette gjør at modellen består av mange små elementer, hvor den blant annet også inneholder objekter som viser koblingen mellom elementene. Dette gir et bra utgangspunkt for kobling mot framdriften, ved at objektene er detaljerte nok beskrevet. Samtidig oppleves det som litt vel detaljert i forhold til å visualisere framdriftsplanens detaljnivå. Dette blir derfor nødvendig å se på mulighet til å gruppere objektene, slik at det på en god måte sammenfaller med detaljnivået som framdriftsplanen har.

Modellen stemmer bra overens med ARK modellen, og kan på en god måte benyttes sammen for å skape en helhetlig 4D BIM. Det er flere elementer som opptrer i begge modellene. Dette kommer av at ARK modellen også inneholder bærende elementer. Vi vil benytte alle elementene i RIB modellen siden den oppleves som mest rett i forhold til utførelse. De overflødige elementene fra ARK modellen vil dermed fjernes.

Utfordringer ved denne modellen er måten strukturen i modellen er bygget opp. I modellen er mange av nivåene udefinerte. Det vil si at alle elementene ligger samlet, og er ikke delt inn i grupper og etasjer. Det gjør at denne modellen er vanskelig å finne fram i og elementene må hovedsakelig finnes grafisk, noe som var tidkrevende. Modellen bærer også preg av en del kopiering fra andre prosjekter, noe som gjør strukturen enda mer rotete. Alle objektene er godt definert med tydelige objekt navn og et ID nummer. Hvert objekt har tilknyttet informasjon, som gjør det mulig å gjenkjenne elementet. Dette er informasjon som blant annet ifcType, ifcRelatedType, ifcMaterial og ifcElementTag. I tillegg er det mye informasjon som går på objektet plassering og størrelser.

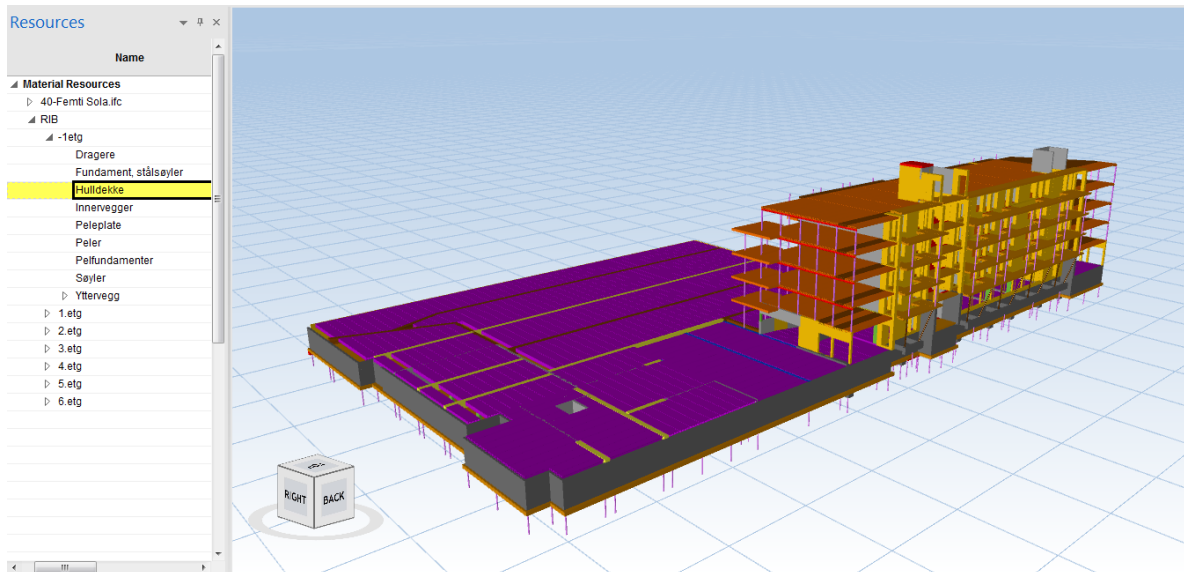
I prosjektet blir ikke de tekniske fagene planlagt i BIM programmer. Dette gjør at vi ikke har egne modeller for dette. Arkitektmodellen har lagt inn hovedføringene for tekniske rør, disse kan være aktuelle å bruke. Ellers må det ses på om tekniske aktiviteter kan framstilles ved bruk av andre elementer i modellen. Dette oppfattes som hensiktsmessig, siden de tekniske oppgavene er lite detaljert i framdriftsplanen.

Modellene er kun utformet for å framstille de bygningselementene som monteres i bygget. Det er derfor ingen midlertidige elementer, som kan benyttes til å framstille prosessen. Det er heller ikke en egen modell for terrenget og anleggsområdet. Oppgaven vil derfor fokusere på aktiviteter som oppstår i bygget og ikke aktiviteter på byggeplassen.

#### 4.2.5 Sammenkobling mellom framdrift og modell

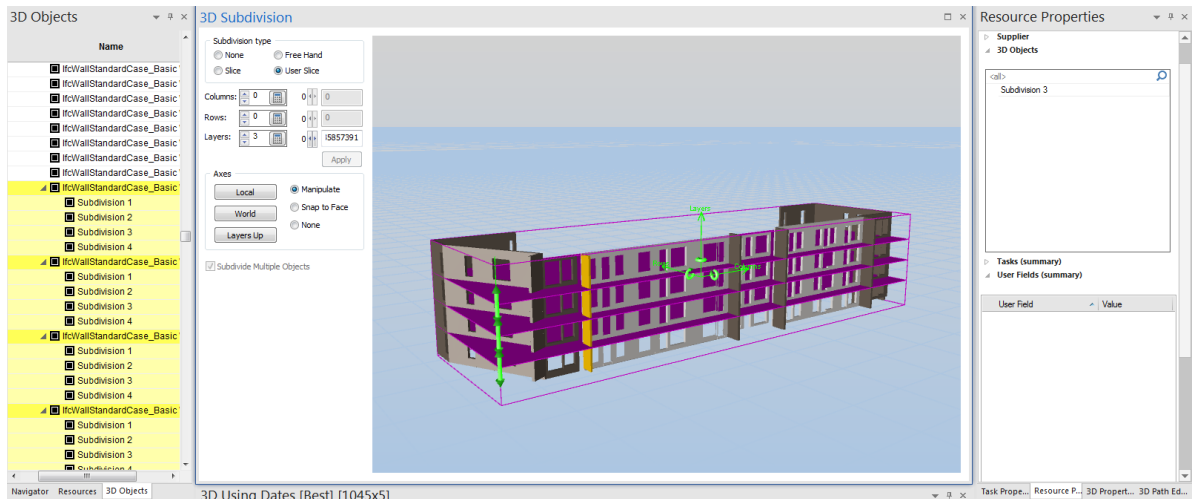
Etter at modellen og framdriftsplanen er importert, begynner arbeidet med å koble de sammen. Programmet skiller mellom 3D objekt og ressurser. 3D objekter er objektene som utgjør en del av den importerte BIM-modellen. Ressurs representerer et eller flere objekter i den importerte BIM-modellen. Det er denne ressursen som igjen blir knyttet til aktiviteten. Ved importering av IFC-filer, vil det automatisk lages en ressurs koblet til hvert objekt i modellen. I mange tilfeller vil dette være mer hensiktsmessig å gruppere flere objekter i en ressurs. Dette er grupperinger med utgangspunkt i likheter som objekttype og/eller plassering. Dette gjøres for å få en bedre organisering av objektene, forenkle prosessen med å koble sammen objekter og aktivitet, samt at det vil benyttes til å få en mer virkelighetsnær utførelsesprosess.

## Forberedelser



**Figur 6: Gruppering av hulldekke over U. etg. Grupperingen er markert med lilla**

RIB modellen består av mange mindre og spredte elementer som skal inkluderes i en aktivitet. I tillegg gjør den udefinerte strukturen RIB modellen vanskelig å finne fram til objektene. Det velges å gjøre en ny gruppering for å gjøre det enklere å finne fram. Grupperingen vil også hjelpe til å vise aktivitetens utvikling ved at objektene blir synlige over tid. Det lages en ny struktur som deler ressursene inn i etasjer og så inn i objekt-grupperinger. Dette er illustrert i figur 6, hvor grupperingen for hulldekke er markert med lilla. Det å markere objekter må gjøres grafisk og er en krevende jobb. Det viser seg også at grupperingen gjør at ressursen mister informasjonen om objektene den er tilknyttet. Dette gjør at man senere ikke kan gjøre automatisk kobling basert på denne informasjon. Siden strukturen i modellen er utfordrende å lese var det vanskelig å finne noen logiske sammenhenger i informasjonen knyttet til objektet som ville gjøre en automatisk kobling mulig. Den nye grupperingen legger derimot opp til at den manuelle koblingen seinere skal være enkel.



**Figur 7: Deling av fasadeobjekter**

Siden ARK modellen har større objekter og en ryddig struktur, ses det ikke som nødvendig med en gruppering av objektene. Det kan være hensiktsmessig med en gruppering av innervegger for å skape en vekst som viser at veggene bygges fra en side og jobber seg gjennom etasjen. Dette velger vi å ikke gjøre i dette prosjektet, siden en gruppering begrenser muligheten for automatisk kobling. Problemet som oppstår i denne modellen er at fasadene opptrer som noen få sammenhengende objekt over flere etasjer. I framdriftsplanen er de delt inn i aktiviteter for hver etasje. Dette blir for grovt og gjør det vanskelig å framstille disse aktivitetene. Programmet har en funksjon som deler opp valgte elementer. Her kan man ved å velge det objektet man ønsker bestemme snitt hvor objektet skal deles opp. Funksjonen gir mulighet til å velge egendefinerte snitt i modellen x, y og z retning. Vi velger her å markere alle fasadeobjektene og setter tre snitt, som vist i figur 7. Hver av snittene går gjennom hver av etasjeskillene. Det å bestemme riktig snitt var utfordrende ved denne funksjonen. Modellen har ingen form for mål å forholde seg til og man ser kun de objektene som skal deles. Dette gjør at man må prøve seg litt fram før man finner en riktig inndeling. Denne funksjonen gjør også at objektet mister informasjonen knyttet til objektet og begrenser muligheten man har til å koble objektet automatisk til aktivitetene.



Figur 8: Fargevalg for aktivitetene

Neste steg i prosessen er å beslutte hvordan man vil at de forskjellige aktivitetene skal visualiseres i modellen. I programmet er det på forhånd lagt inn valgene installer, vedlikehold, fjern og midlertidige arbeider. Hver av disse aktivitetene har en egen farge som de tilegner objektet. For å oppnå en tydelig formidling av oppgavene, oppleves disse som litt begrenset. Det velgers derfor å definere egne verdier for aktivitetene. Framdriftsplanen i prosjektet er tydelig bygget opp med fargekoder for å vise hvilken underentreprenør som står ansvarlige for de forskjellige oppgaven. Det oppleves derfor som hensiktsmessig å benytte det samme systemet for å tydeliggjøre aktivitetene visuelt. Fargevalget er vist i figur 8. Dette gjør at modellen samsvarer med aktivitetene, og gir en god mulighet for å lese disse sammen.

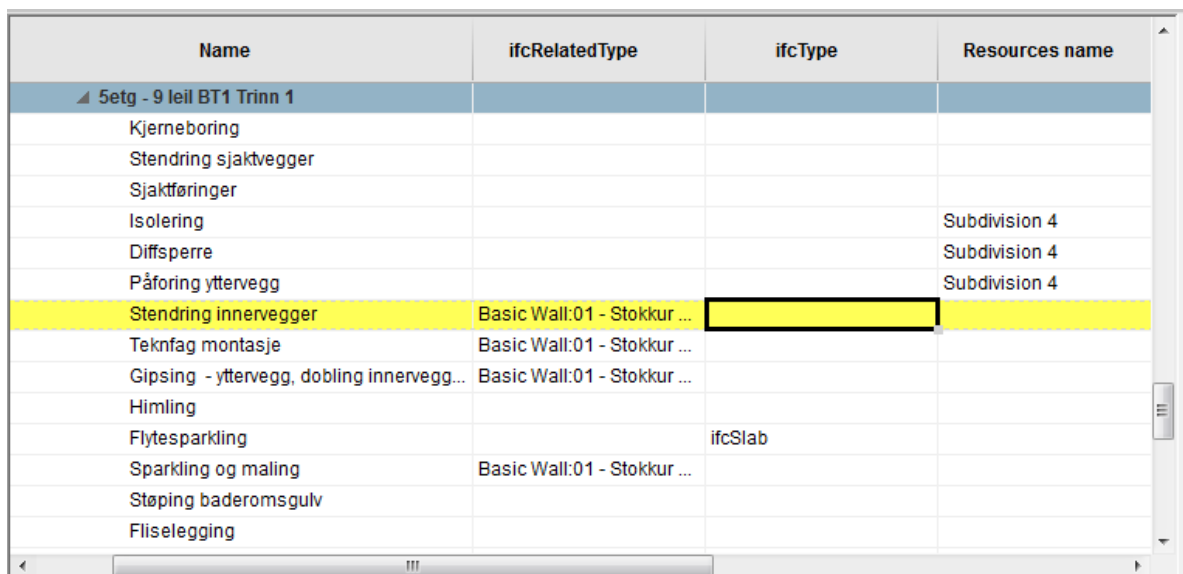
Samtidig kan det oppstå situasjoner i prosessen hvor en underentreprenør holder på med flere aktiviteter samtidig. Det kan da være aktuelt å definere aktivitetene nærmere ved å benytte forskjellige fargenyanser og grader av gjennomsiktighet. Dette oppstår for eksempel ved oppføring av fasaden. Fasaden utføres i flere prosesser; stendring, GU-gips, Lekting og Kledning. Alle oppgavene utføres av tømrer. Her benytter tømrerens blåfarge, men fargen blir sterkere og mørkner utover oppgavene, for å vise endringer

### Manuel Kobling

Vi tar først for oss RIB modellen og så ARK modell. RIB modellen omfatter betongarbeid og elementmontasjen. Koblingen vil gjennomføres ved at man begynner med aktiviteten på slutten av planen. Det vil si at vi begynner med objektene på toppen av bygget. Fokuslinjen, som bestemmer til hvilket tidspunkt i framdriftsplanen bygget vises, settes til byggestart. Slik vil objektene fjernes etter hvert som de kobles. Dette gjør det lett å se hva som kobles og prosessen oppleves som at man plukker fra hverandre bygget. Den manuelle prosedyren her er å først velge aktiviteten objektet skal kobles til, så må objektet som skal kobles til aktiviteten bestemmes. Det må så tas stilling til hvilken visualisering objektet skal ha i den valgte aktiviteten. Når disse beslutningene er tatt brukes funksjonen «Assign resources» til å koble objektet og aktiviteten sammen. Dette må gjøres for hver ressurs objektene er koblet til.

### Automatisk kobling

ARK modellen skal kobles ved bruk av automatiske regler. Automatisk kobling skal gjøre det enklere å gjennomføre koblingen mellom aktivitet og objektene. Denne koblingen gjøres ved bruk av egendefinerte filter eller søkereglene basert på likhet i informasjon knyttet til objektet og aktivitetene. Dette vil være en klart raskere måte å gjennomføre kobling av mange elementer på. Får å få til en automatisk kobling i denne casen er det nødvendig at hvert objekt kan defineres etter etasje og objekt type siden det samsvarer godt med framdriftsplanen. Vi har tidligere argumentert for hvorfor automatisk kobling ikke gjennomføres på RIB modellen.



Name	ifcRelatedType	ifc Type	Resources name
5etg - 9 leil BT1 Trinn 1			
Kjerneboring			
Stendring sjaktvegger			
Sjaktføringer			
Isolering			Subdivision 4
Diffsperre			Subdivision 4
Påføring yttervegg			Subdivision 4
Stendring innervegger	Basic Wall:01 - Stokkur ...		
Teknfag montasje	Basic Wall:01 - Stokkur ...		
Gipsing - yttervegg, dobling innervegg...	Basic Wall:01 - Stokkur ...		
Himling			
Flytesparkling		ifcSlab	
Sparkling og maling	Basic Wall:01 - Stokkur ...		
Støping baderomsgulv			
Fliselegging			

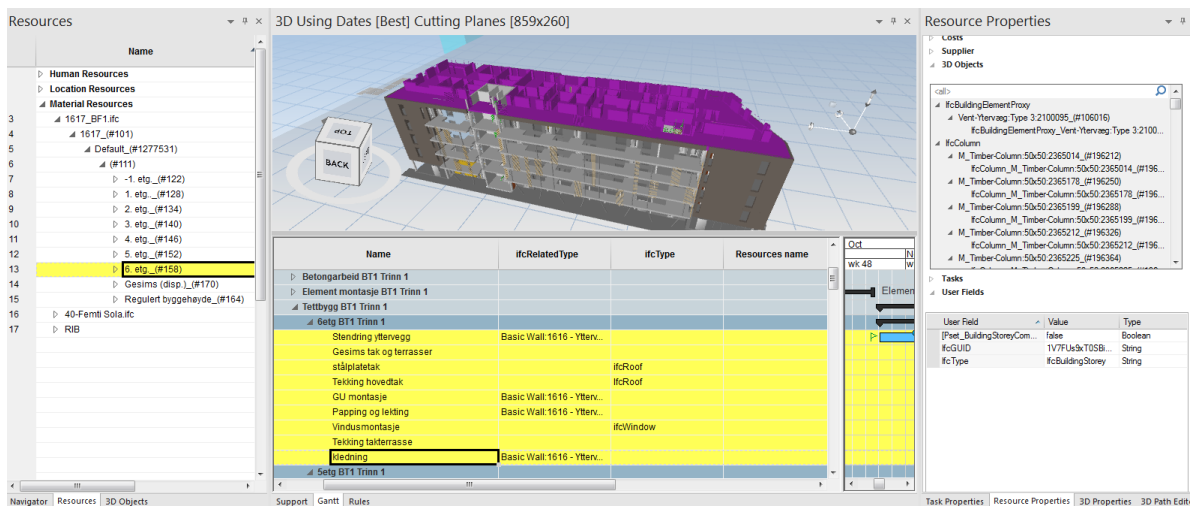
Figur 9: Informasjon tilført framdriftsplanen



ARK modellen er lettere å lese. Her har modellen organisert struktur basert på etasje og objekttype. Vi kan ved å tilegne aktivitetene i framdriftsplanen informasjon basert på tilhørende objektgruppe oppnå en automatisk sammenkobling. Vi velger derfor å tilegne aktivitetene informasjon om tilhørende objekter som ifcType, ifcRelatedType, ifcPresentationLayerAssignment og Resources Name. Dette er illustrert i figur 9. Disse kan benyttes til å skille elementene. Det mest gunstige ville være å ha en, eller noen få, tydelige parametere for å skille objektene.

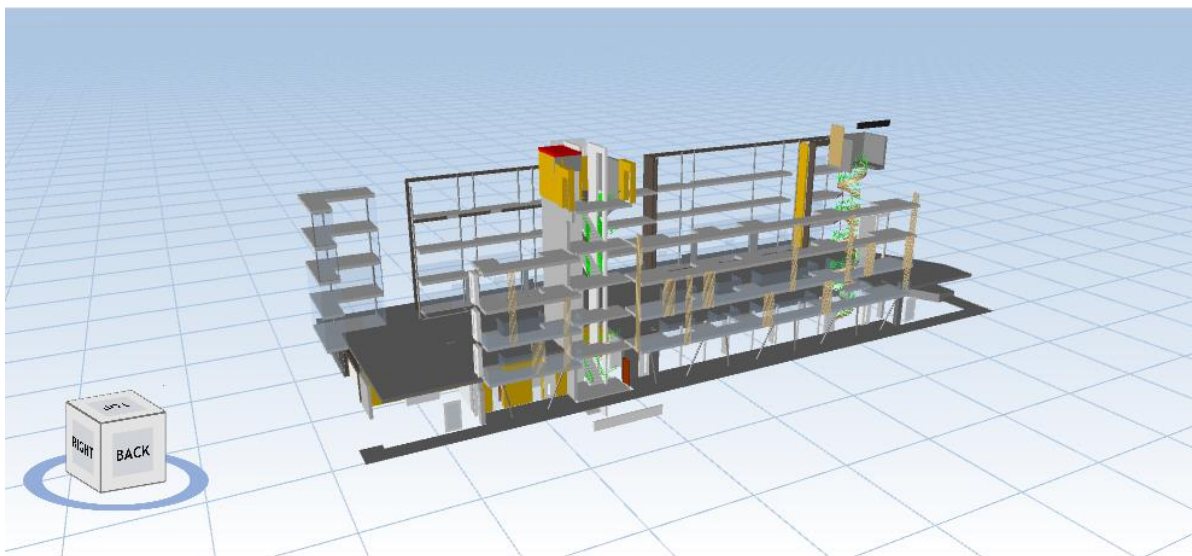
Figur 10: Vindu for laging av regler for automatisk kobling i Synchro Pro

Basert på de likhetstrekkene som er funnet og informasjonen tilført aktivitetene ble det laget noen regel for hvordan det skal sammenkobles. Hvordan dette ble gjort er illustrert i figur 10. Det velges at det kun skal kobles markerte objekter og aktiviteter. Dette gjøres for å sikre at koblingen avgrenses til en bestemt etasje, ved at alle objektene i en etasje markeres og alle aktivitetene tilhørende denne etasjen kobles. Reglen for kobling baseres på likhet i informasjonen hos objektet og aktiviteten, som ifcType = ifcType, eller ifcRelatedType=ifcRelatedType



Figur 11: Markering av objekter og aktiviteter for automatisk kobling

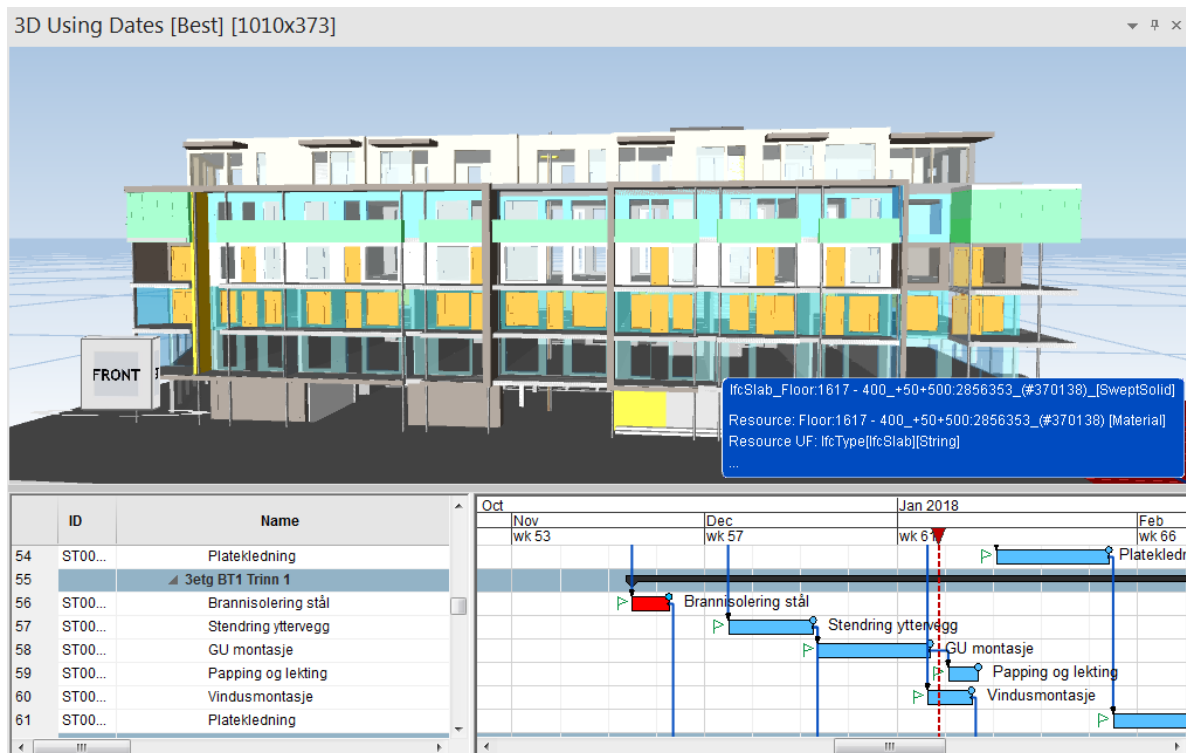
Når regelen er definert gjenstår det kun å markere de objektene som skal kobles, slik som vist i figur 11, og velge funksjonen «auto matching» for å koble.



Figur 12: Resterende objekter etter automatisk kobling

Ved kobling av denne modellen velger man først å gjennomføre en automatisk kobling. Dette fjerner mange av elementene i modellen. Det finner også flere elementer i modellen som ikke kan kobles ved bruk av generelle regler. Dette er objekter som rekkverk, innglassing av balkonger, trapper og egendefinerte fasadedetaljer, slik som vist i figur 12. Det gjenstår derfor å gjennomgå en rydding i hvilke elementer som skal hvor. Dette er en tidkrevende prosess, men er nødvendig for å skape en helhetlig modell. Det som er spesielt utfordrende er hvilke objekter som allerede er med fra RIB modellen, hvilke objekter skal være med i 4D modellen og hvilken aktivitet skal de tilføres. Fordelen med denne delen av koblingsprosessen er at den gir planleggeren mulighet til å fokusere på de delene av prosjektet som ikke er åpenbare.

For eksempel ble det her stilt spørsmål til hvor i byggeprosessen montering av rekkverk og innglassing av balkonger skal foretas. Siden bygget har balkonger eller svalganger på store deler av fasaden er dette en relativt stor oppgave, samtidig er det ingen aktiviteter framdriftsplanen som omhandler disse oppgavene. På tilbakemelding fra prosjektleder ble det oppfattet som om disse objektene skulle monteres på slutten av kledningsaktiviteten.



Figur 13: Dører koblet til feil aktivitet. Dørene er markert orange

Ett problem som oppsto under automatiske koblingen var at det viste seg at ikke alle objektene var plassert i riktig etasje i modellens struktur. Når man da senere ser på framstillingen av gjennomføringen, ser vi at noen objekter opptrer feil. Dette er illustrert i figur 13, hvor dører i 4. etasje opptrer samtidig med installering av vinduer og dører i 3. etasje. For at framstillingen skal bli riktig må dette rettes manuelt. Dette er en prosess som krever at dørene som er plassert feil markeres på nytt, kobles fra sin tilhørende aktivitet og tilkobles sin opprinnelige aktivitet. Dette oppsto kun ved kobling av dører i bygget, og utgjør derfor ikke store problemet. Ville dette vært et større problem så reduserer det mye av effekten ved å gjennomføre den automatiske koblingen. Dette kan i tillegg til strukturen i modellen, være viktig å følge opp for å sikre en mest mulig effektiv kobling.



Figur 14: Markering av rom med pågående aktivitet

Det er flere aktiviteter i planen som ikke har egne objekter å koble til. Dette er aktiviteter knyttet til utvendige arbeider som grunnarbeider og gartner arbeid, samt innvendige arbeider som støping av baderomsgulv, flislegging av bad, kjøkkenmontasje, teknisk utstyrsmontasje og listing. Det er ikke alle aktivitetene som er mulige å vise. Det er heller ikke alle aktivitetene som oppfattes som viktige å vise. Listing og teknisk utstyrsmontasje, er oppgaven som er generelt definert og derfor spredt aktivitet. Vi har tidligere beskrevet at vi ikke har hensyn til de utvendige arbeidene, siden man ikke har en modell for anleggsområdet for det vil være en krevende jobb å framstille. Aktiviteter som er stedsavhengige er mulig å vise ved å legge inn arbeidsområder. Ved import av ARK modellen var det også mulighet for å importere det som omtales som ifcSpace. Dette er informasjon i modellen som forteller om rominndelingen i bygget. Ved å koble disse til en aktivitet kan man tilføre et rom farge for hvilken aktivitet som pågår i rommet. Dette er illustrert i figur 14. IfcSpace kan benyttes for flere av aktivitetene. utfordringen er at disse arbeidsområdene er nummererte, men ikke etter et tydelig system. I tillegg overlapper de. Det vil si at noen viser rom, mens andre viser leiligheter. Dette gjør at de er utfordrende å finne det riktige arbeidsområdet. Noen av områdene er så lokale at de ikke er definert ved ifcSpace. Dette gjelder i denne oppgaven kjøkkenet. Det må derfor tegnes inn egne arbeidsområder for kjøkkenet, siden det er åpne kjøkkenløsninger. Dette oppleves som litt utfordrende, på grunn av at 3D tegningsverktøyet ikke er enkelt å benytte. Det er derfor tidkrevende å framstille disse aktivitetene, men er viktig for å kunne visualisere alle aktivitetene. Spesielt innvendig.

## 4.3 Intervju om modellen

Tabell 2: Informantene

Informant	Yrke	Utdanning	Alder	Erfaring i yrket
1	Prosjektleder	Prosjektledelse	31 år	7 år
2	Prosjektleder	Ingeniør	55 år	3 år
3	Driftssjef	Teknisk Fagskole		12 år
4	Prosjektleder	Tømrer	37 år	1 år
5	Byggeplassleder		64 år	20 år
6	Byggeplassleder	Tømrer	50 år	10 år
7	Prosjektleder	Teknisk Utdanning	59 år	12 år

Det har blitt gjennomført 6 intervjuer for å danne et bilde av hvordan prosjektdeltakere ser på nytten ved bruk av en 4D modell og hvordan den oppfattes sammenliknet med en framdriftsplan formidlet gjennom et Gantt-diagram. Intervjuene har derfor blitt gjennomført med prosjektledere og byggeledere i bedriften. Informantene her er alle i den tabellen over, unntatt informant 3. Blant informantene har vi også prosjektleder for prosjektet 40Femti. Ingen av informantene var kjent med å bruke en 4D BIM fra tidligere. Det ble derfor gitt grunnleggende informasjon om hva en 4D modell er og hvordan den kunne benyttes. Det ble informert om at det ville bli utdypet mer i oppgaven ved bruk av et eksempel.

### 4.3.1 Gantt-diagram

I prosjektet 40Femti benyttes et Gantt-diagram som utgangspunkt for formidling av framdriften til prosjektdeltakerne i prosjektet. Denne framdriftsplanen er utarbeidet i Microsoft Prosjekt som er et program som bygger på nettverksmetoden. Det vil si at diagrammet i tillegg til å vise aktivitetene, viser tydelige avhengighetene mellom aktivitetene, som gjør at framdriftsplanen på en enkel måte vil kunne justeres underveis i prosjektet. Prosjektet skal utføres over en periode på 1 år. I dette intervjuet benyttes et utsnitt av en 6 måneders periode av prosjektet. Dette er den travlere delen av prosjektet, hvor det jobbes med tetting og innvendige arbeider. Utsnittet er valgt for å kunne skrives ut på et A3 ark, samtidig var ønske belyse utfordringen knyttet til å vise større planer. Planen har de samme aktivitetene og begrensningene som tidligere også var satt for 4D modellen. Informantene fikk god mulighet til å studere framdriftsplanen, og ga selv beskjed når informanten var klar for å svare på spørsmålene.

#### *Førsteintrykket*

Førsteintrykket når informantene ble introdusert for diagrammet varierte blant informantene. Informant 1 og 6 var allerede kjent med planen og trengte derfor ikke å studere planen. Informant 4 og 7 tok seg god tid og studerte planen nøye. Informant 2 og 5 velger å nesten ikke se på planen og mener at et slikt diagram tar det lang tid å få oversikt over. «Å hjelpe meg. Dette er ikke noe å sette

seg inn i på 15 min. Det blir for håpløst»: sier informant 5. Informant 2 uttrykker det slik: «Jeg vet egentlig ikke helt hva jeg skal se på». Inntrykket er dermed som et Gantt-diagram oppleves forskjellig fra bruker til bruker. For noen kan bruken være mer krevende enn for andre, og det må tenkes gjennom hvordan diagrammet presenteres.

### *Reflektere rundt formidlingen*

På spørsmål om hvordan de opplever diagrammet mener alle at det er en oversiktlig og god metode for formidling av framdriften, men de er også enige om at en stor plan kan bli uoversiktlig. Informant 5 beskriver at det forutsetter at man får litt tid til å sette seg inn i planen. En framdriftsplan består ofte av mange aktiviteter, slik at planene blir store. Det å lese planen kan da være utfordrende. Informant 6 mener at for en prosjektleder som har jobbet med planen over lenger tid og etter hvert kan planen utenat, kan det være vanskelig å se at planen er utfordrende å lese for andre i prosjektet. Det er med å gjør kommunikasjonen vanskelig. Han mener også at en stor plan kan virke skremmende og gjør det utfordrende å få folk til å ta den i bruk. Det kan derfor være viktig at planen brukes litt om gangen, noe som vil gjøre den enklere å forstå. Informant 4 sier at med en helhetlig plan så ser det litt uoversiktlig ut, men at ved å ta et utsnitt basert på fag eller tidsperiode blir diagrammet enklere å lese. Dette er noe som de fleste informantene påpeker. Informant 1, som beskriver at han pleier å ta et utsnitt til hvert byggemøte av den kommende perioden, for å formidle videre gjennomføring. Han beskriver også hvordan han hele veien holder planen oppdatert ved å justere aktiviteter og fjerne de etter hvert som de er utført. Det kan se ut til at alle her god erfaring med bruk av Gantt-diagram for å formidle framdriftsplanen, men de opplever denne planen som like stor. Det kommer derfor fram at for å kunne bruke denne metoden er det viktig at man reflekterer over hvordan man skal formidle den. Lager man en helhetlig plan og kun formidler den slik den er, vil den være utfordrende å sette seg inn i siden det blir uoversiktlig. For å få folk til å lese planen på en grei måte, burde det derfor velges ut og formidles den delen av planen man ønsker skal bli forstått.

Informant 5 mener også at hvem som har utarbeidet planen er avgjørende for hvordan planen blir oppfattet. På spørsmål om planen gir et bra bilde av prosjektet velger han å ikke omtale planen han har fått presenter, men heller planen i sitt eget prosjekt. Hvor han mener den gir et bra bilde, hovedsakelig fordi den som har utarbeidet planen har et visst grunnlag. «Kommer det en rett fra skolen og presenterer en framdriftsplan han har laget selv kommer piggene ut i alle ledd»

### *Bruk av avhengigheter*

Intervjuet viser at alle har erfaringer med å benytte Gantt-diagram til å formidle framdriftsplanen til prosjektet. Informant 1, 2 og 7 sier at det er slik de er vant med å jobbe med framdriftsplanen og at de har gode erfaringer med det. Utfordringene med å jobbe med en nettverksplan nevnes. Informant

4 sier at det er viktig hvordan planen er bygget opp og hvordan aktivitetene forskyver seg. Informant 3 mener at det er viktig at den som lager framdriftsplanen vet hva han holder på med. Får man ikke koblet aktivitetene kan det bli mange aktiviteter å justere ved endringer. Roter man med avhengighetene kan det lage mye problemer og bli et irritasjonsmoment. Informant 7 forklarer at han foretrekker å ikke benytte avhengigheter, for når man da begynner å justere planen mister man kontroll. Det virker for han siden han jobber med mindre prosjekter, men er prosjektene store og går over lengre tid vil ikke det være tilstrekkelig. For en plan som dermed skal oppdateres flere ganger i løpet av prosjektet er avhengighetene viktig. På den måten vil alle aktivitetene justere seg i forhold til hverandre. Samtidig vil avhengighetene skape utfordringer hvis ikke man klarer å holde kontroll på hvor aktivitetene flytter seg etter endringene er gjort.

### *Dokumentere planen*

Informant 4 sier at han er positiv til å bruke en framdriftsplan for å informere prosjektdeltakerne, men at den også er god å ha som en oversikt for ens egen del. Informant 2 og 3 mener at i tillegg til å være en framdriftsplan for prosjektet, så er diagrammet en huskeliste for prosjektlederen. Informant 7 mener at det er viktig at diagrammet viser alle oppgavene som skal gjennomføres. Ved å få med seg alle oppgavene på lista, sikre det at man ikke glemmer de. Flere av prosjektlederne foretrekker Gantt-diagrammet som et dokument som gir de oversikt over oppgavene som skal gjennomføres, slik at de kan holde kontroll på prosjektet. Det er derfor viktig at diagrammet dekker alle oppgavene som skal gjennomføres, slik at ingenting blir glemt.

### *Planens detaljnivå*

Informant 1 mener at det som er bra med diagrammet er at det er en metode som er kjent for folk og som de er vant med. Det gjør at man vet at det blir forstått, uansett hvem man sender det til i prosjektet. Det har blitt bekreftet av alle at dette er en metode som de er vant med. Informant 4 mener at måten planene blir brukt av prosjektdeltakerne er veldig personavhengig. Noen benytter det aktivt og setter seg skikkelig inn i planen, mens andre velger å jobbe på siden av planen. Han mener derfor at hvis en slik plan skal brukes, må den være mulig å jobbe ut fra for alle entreprenørene i prosjektet. Informant 1 beskriver hvordan han ser for seg at underentreprenørene benytter Gantt-diagrammet. Han mener at de fleste bare ser etter sitt fag, finner datoene som gjelder for de, og dermed ikke bryr seg så mye om de andre fagene. Han anser nødvendigvis ikke det som noe problematisk. Informant 4 peker da på at det må reflekteres over detaljnivået. Blir diagrammet for nøye og detaljrikt vil det kun benyttes av et fåtall av deltakerne. Han mener også at en detaljert plan med tydelige datoer vil gjøre underentreprenørene mindre fleksible, fordi de oppfatter datoen som låst. Det er viktigere å heller ha en litt løs plan, og en nærrere dialog med underentreprenøren. Informant 1 sier at detaljnivået er noe man må prøve seg litt fram med. Han

sier at hvis det blir for detaljerte blir planen for urealistiske, og dermed vanskelige å følge. Større aktiviteter vil i tillegg gi underentreprenørene større spillerom. Dette bekreftes av byggelederne, som ønsker at planen ikke skal være for detaljrik fra prosjektleders side. Informant 6 sier at han foretrekker at framdriftsplanen gir en start og en slutt på de store delene av prosjektet, og at de heller stykker det opp på byggeplassen. Han mener at hvis planen blir for detaljert blir planen uoversiktlig. Informant 2 mener derimot at oppgavene ikke må bli for store. Store oppgaver er vanskelige å styre etter på grunn av at det er vanskelig å se hvor langt man har kommet i prosjektet. I likhet med førsteinntrykket fra intervjuet, gir informantene uttrykk for at framdriftsplanen brukes forskjellig og at detaljnivået til planen må bestemmes med utgangspunkt i å gjøre det lett for brukeren å bruke. Derfor mener de at detaljnivået er viktig. Flere av informantene er da spesielt opptatt av at planen ikke må være for detaljert, fordi planen da låser underentreprenøren. Det kommer samtidig fram at det at underentreprenøren får større frihet i forhold til å styre framdriften, gjør det vanskelig for prosjektlederen å styre prosjektet.

#### *Viktig planen burde vise*

I tillegg til valg av detaljnivå mener informantene at det er viktig at planen viser viktige start og sluttdatoer og hvordan aktivitetene henger sammen. Det er spesielt byggeplasslederne som er opptatt av de viktige datoene i prosjektet. Milepæler, de forskjellige oppgavenes forventede oppstart og slutt. Informant 6 sier at det som er bra med diagrammet er at det gir de utførende noe å forholde seg til, slik at de involverte vet når oppgaver skal begynne, og slutte. Informant 7 sier at planen informerer de utførende om når de skal være klare og at det da gir mulighet for å blant annet planlegge bemanning av prosjektet. Generelt virker det som at prosjektlederne er mer opptatt av rekkefølgene og avhengighetene, enn de eksakte datoene. Dette er viktig for å kunne se når nestefag skal starte, at alle fagene kommer inn når de skal og at fagene ikke går oppå hverandre. Informant 1 mener at rekkefølgene er viktige for å kunne formidle konsekvensene av forsinkelsene til et fag, samt at man enkelt ser hvilke fag som hindrer de fagene i å starte. Informant 5 er opptatt av at rekkefølgene viser at planen er gjennomtenkt, og at planen dermed kan brukes som et hjelpemiddel for å oppnå kontinuitet på byggeplassen. Det er full enighet i hva planen burde inneholde, samtidig er det forskjellig hva de mener burde bli lest ut av planen. Byggeplasslederne vil i hovedsak se etter fristene de må holde. Rekkefølgene brukes blant annet for å vurdere pålitelighetene til planen. Det er nok det som fokuseres på for de som jobber med utførelsen. Prosjektlederne ønsker at det skal være greit å se avhengigheter, noe som gjør at alle kan forstå forsinkelsene, samt det å se at andre avhenger av at arbeidet blir gjort.



Informantene mener at det som er utfordrende med denne metoden er det å lage en realistisk plan og at en store planer blir fort uoversiktlig. Med realistisk plan handler dette i hovedsak om å oppnå at tiden satt av til gjennomføring av prosjektet er tilstrekkelig og om hver aktivitet har nok tid.

#### 4.3.2 4D BIM

I denne delen av intervjuet vil informantene bli presentert for 3 metoder for å presentere en 4D modell. Disse metodene er ved bruk av øyeblikksbilder, animasjon og datamodell. Dette vil bli gjennomført i flere steg og informanten vil bli bedt om å kommentere hver av metodene. Grunnen til at det i intervjuet vil bli sett på alle metodene er fordi dette er potensielle måten å formidle gjennomføringen når man har laget en 4D modell. Både digitalt, men også i papirformat. Det vil også benyttes for å gi informantene en gradvis innføring i 4D BIM, siden dette er et ukjent område for informantene.

##### *Øyeblikksbilder*

Her ble informantene presentert for 4 øyeblikksbilder. Disse øyeblikksbildene er vist i figur 15-18. Et øyeblikksbilde er et bilde som viser bygningen for et bestemt tidspunkt i prosjektet. Dette er visninger som kan lagres i programmet og oppdateres etter hvert som planen endrer seg.

Øyeblikksbildene er hentet ut med en 14 ukers mellomrom. Dette opplevdes som mest hensiktsmessig i forhold til å vise endringene i planen. Hva som er hensiktsmessig avhenger av planens detaljnivå. Bildene har i tillegg til å vise bygningen, oversikt over de forskjellige fagene og dato for når dette steget skal være oppnådd. Informantene blir vist bildene, og får mulighet til å studere det sammen med Gantt-diagrammet.



Figur 15: Øyeblikksbilde, 20.11.17



Figur 16: Øyeblikksbilde, 04.12.17



Figur 17: Øyeblikksbilde, 18.12.17



Figur 18: Øyeblikksbilde, 18.12.17

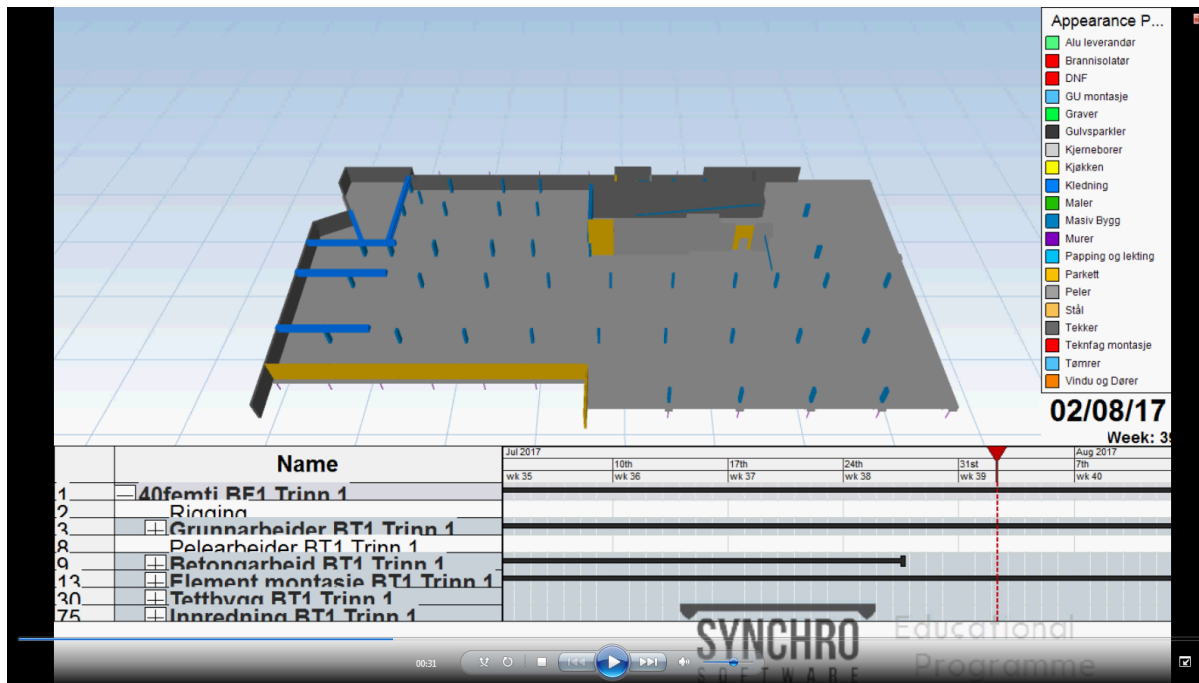
Etter at informanten har fått studert bildene, blir de bedt om å kommentere hvordan de opplever metoden. Informant 2 beskriver det som at det visualiserer godt. Han opplever det som en grei tilleggs info, men at man er nødt til å ha diagrammet ved siden av. Informant 7 mener at det synliggjør byggeprosessen på en annen måte enn det diagrammet gjør, men påpeker at man trenger diagrammet som et grunnlag. Når man har bildet i tillegg til diagrammet, så ser man jo hva som skjer på byggeplassen. Informant 1 beskriver det som en grei måte å formidle hvor man ser for seg å være. Han mener at øyeblikksbildene kan være greie å ha i tillegg til framdriftsplanen når man diskuterer framdrift på byggemøter. Ved at bildet viser hvor langt man hadde planlagt å komme, kan det være et hjelpemiddel når man skal diskutere hvor langt man er i gjennomføringen. Informant 5 er svært positiv og mener at det er et godt redskap til å vise hvor langt prosjektet er kommet, hvilke oppgaven man holder på med og hva som må være ferdig. Han mener at bildene vil gjøre det enklere for alle deltakerne å få en forståelse for hva de andre fagene holder på med. Han mener at han hadde hatt god nytte av det også til bruk på BAS-møter. Informant 4 sier: «Når jeg ser dette Gantt-diagrammet, så danner jeg meg disse bildene i hode». Informant 6 er også tydelig skeptisk, og mener han får det greit nok med planen. Informant 7 mener at det derimot ville vært nyttig for å formidle til en som ikke er bygningskyndig. Et omfattende Gantt-diagram vil være vanskelig å forstå for en som ikke har kunnskap om bygging. Det kunne vært nyttig ved for eksempel i en salgsprosess hvor det skal formidles for en kunde.

Når informantene får se bilde er det litt uenighet i verdien bildene har. To av informantene mener at de får det tilstrekkelig nok med diagrammet og at de danner seg bildet i hodet. Resten ser ut til å mene det har en verdi, men ikke i seg selv. Bildene er avhengige av å bli sett ved siden av diagrammet. Det kan komme av at de mener bildene viser lite av prosjektet som helhet i seg selv, men at det er et nyttig tillegg til å utfylle diagrammet. På den måten vil bildene vise hva som skjer på byggeplassen ved tidspunktet man ønsker å formidle, og man kan synliggjøre mål ved å vise hvor man ser for seg å være.

### *Animasjon*

Neste metode går ut på å presentere prosjektet ved bruk av en animasjon. Dette er en filmsnutt som viser gjennomføringen av prosjektet slik det framkommer i modellen. Filmen viser prosjektet fra start på pelearbeider til ferdig tetting av bygget. Innvendige arbeider vises ikke på grunn av et dette er utfordrende å få til i samme filmsnutt. Ønsker man å belyse innvendige arbeider kan man lage animasjoner hvor man har snittet bygget horisontalt gjennom en etasje, eller vertikalt gjennom bygget. Animasjonen kan enkelt lages i programmet som benyttes. Hvor omfattende det er å lage animasjonen handler mest om hvor ofte kameravinkelen skal endres. Programmet kan eksportere

videoen, sammen med informasjon om fagene, tidslinjer, løpende dato og framdriftsplanen. Hvordan det ble vist i intervjuene er presentert i figur 19.



Figur 19: Skjerm bilde av video

Her viser intervjuene at det er litt uenighet i hvilken nytte informantene ser i bruk av animasjonen. Mens noen mener at videoen egentlig ikke har mye verdi, mener andre at videoen gir involverte en bedre forståelse av prosjektet. Spesielt byggelederne ser videoen som spesielt nyttig. Informant 6 sier «Det å begynne på en stor jobb slik som dette, hjelper det å se bygget slik som videoen viser». Han begrunner det med at der tar tid før man har bygget i hodet når man skal tolke det ut fra tegninger. Det å se bygget i 3D, hjelper til at det blir enklere å lese tegningene. Spesielt for folk med mindre erfaring. Informant 1 sier at for prosjektleder så har man etter hvert en samlet forståelse av prosjektet i hode, etter å ha jobbet med planen over en lengre periode. Han mener da at det fort kan være vanskelig å forstå at ikke andre har samme forståelsen. En 4D modell vil da kunne være nyttig når man skal forklare noe til en som ikke har de samme forutsetningene til å forstå planen. Informant 5 mener også at når man har vært lenge i bransjen, klarer man å lage seg en forståelse av prosjektet i hodet. Men at det ikke er noe alle klarer, en slik video ville da vært nyttig

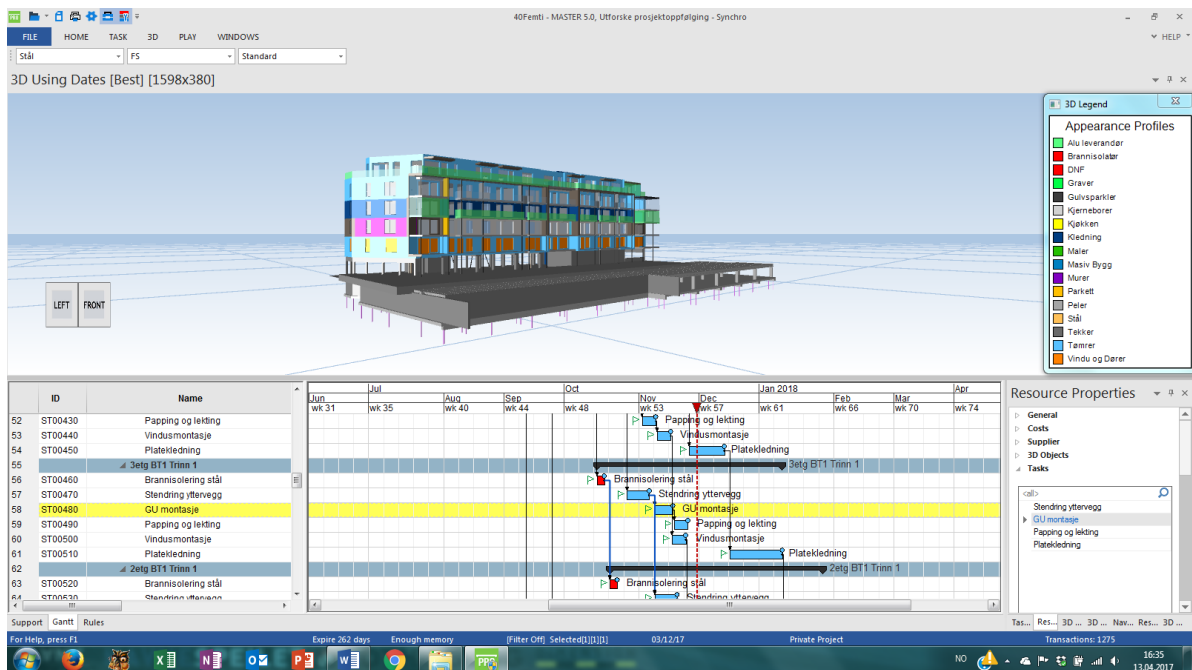
Informant 2 og 4 mener at det er kult, men at de sliter litt med å se nytten i det. De mener at det visualiserer rekkefølgene, men ikke så mye mer. Animasjonen kan kanskje være nyttig å bruke i en presentasjon til folk som ikke forstår så mye.

Tre av informantene velger her å trekke fram verdien av å ha en 3D visning av prosjektet. Begge byggeplasslederne fremhever hvordan 3D modellen er et nyttig hjelpemiddel for å forstå bygget. Ved å ha en 3D modell i prosjektet kan man raskere skape seg et bilde av prosjektet og lettere leser tegningene som benyttes i prosjektet. Informant 1 mener at de ser at de har stor nytte av å bruke perspektivbilder i prosjektet. Han benytter perspektivbilder av konstruksjonen og det ferdige bygget ved at de henger det opp på byggeplassen. Han mener at ikke alle klarer å koble 2D tegninger og 3D tegninger, noe som gjøre det vanskelig å se for seg helheten. Det å se bilder som viser hvordan bygget skal bli, hjelper de involverte å se hva de jobber mot.

Her er det i likhet til øyeblikksbildene litt uenighet i nytten videoen har. Men de som er mest skeptiske er enig at videoen kan være nyttig å bruke til presentasjon. De andre mener at det å vise utførelsen av bygget i 3D vil gi en bedre forståelse av prosjektet som helhet. Ved at alle får en grunnleggende forståelse vil det kunne bedre kommuniseringen og gjøre det lettere for prosjektdeltakere å lese tegningene.

#### *4D modell*

Som siste del av dette intervjuet ble informantene vist 4D modellen slik den opptrer i dataprogrammet, og forklart litt om mulighetene en slik modell gir. Der ble informantene først gitt en forklaring av de forskjellige delene av skjermbildet, illustrert i figur 20. Hvor man i den øvre ruta har en 3D visning av BIM modellen til prosjektet, og vi i den nedre delen har informasjon om prosjektet. Til venstre i den nedre delen er informasjon om aktiviteter og framdriften til prosjektet. Til høyre er informasjon om oppgaver, ressurser og 3D objekter. I dette feltet var det satt klart informasjon om ressursene, slik at man lett kunne finne informasjon om aktiviteter ved å markere objekter i 3D modellen. De ble videre forklart hvordan aktivitetene og objektene var koblet og om markøren som flyttes i framdriftsplanen for å endre visningstidspunktet i modellen. Så ble de fortalt om hvordan man ved å markere et objekt kunne se informasjon om objektets aktiviteter i informasjonsruten og hvordan man videre kunne finne aktiviteten i framdriftsplanen ved å markere den ønskede aktiviteten. De ble også vist hvordan man kunne be programmet flytte markøren til tiden hvor aktiviteten pågår. Videre ble de fortalt om hvordan de kunne plassere pilen på objektene i 3D modellen, for å få opp et informasjonsfelt om objektets aktiviteter og start og slutt tidspunkt. Det var i hovedsak det som var sett på som viktig for å forstå navigeringen i programmet. Informantene ble forklart litt om teorien bak og bruksområdene for modellen. De fikk også vite litt om mulighetene man har til å endre framdriftsplanen i programmet. Informantene får mulighet til teste ut programmet og gjøre seg mer kjent med planen gjennom programmet.



Figur 20: Skjermbilde av programmet Synchro Pro

### Hovedinntrykk

På spørsmål om hvordan modellen oppfattes gir alle uttrykk for at de synes dette er interessant og spennende. Informant 2 beskriver det som bra visuelt og at det gir et konkret bilde. Modellen gir mye informasjon når man ser den sammen med gantt-diagrammet. Informant 7 beskriver det som enestående i forhold til et vanlig diagram og mener at det som er revolusjonerende med denne modellen er at man i tillegg får med tidslinjen. Det å kunne følge prosessen og få med tidsaspektet på de forskjellige operasjonene er noe han beskriver som bra. Informant 5 mener at det viktige med modellen er at man har ulike farger for aktivitetene, at man har koblet det til framdriftsplanen og får vist det i en 3D modell. Han mener at det er bra, fordi det noen ganger kan være vanskelig å forstå hvorfor planen er som den er. Han mener også at visualiseringen vil hjelpe med å øke forståelsen for bruken av framdriftsplanen. Han beskriver forståelsen som alfa og omega og sier: «Hvis man holder på med noe som man ikke vet hvor ender, er det meningsløst.» Informant 2 gir også uttrykk for at han tror flere ville forstått hva de holder på med, enn hva man klarer å oppnå med et gantt-diagram. Det at det er lettere å lese, senker terskelen for å forstå. Informant 1 mener at modellen sikrer at folk forstår hvordan man har tenkt gjennomføringen. Han sier at man har ingen garanti for at folk forstår når man benytter et diagram. Man vet aldri hvilken kunnskap de har de man formidler planen til.

### Synliggjør mål og konflikter

Flere av informantene mener modellen gjør planen mer konkret, lettere å finne fram i og enklere å se hva som forventes. «Her bygger man jo bygget. Man ser hvor langt man har kommet, og hva som må gjøres for å komme ditt i planen»: uttrykker informant 5. Informant 4 mener han kunne benyttet modellen til å vise hvordan man skal ligge an i prosjektet til de forskjellige tidene. Informant 6

beskriver at modellen gjør det enklere å finne fram i planen, og at man lettere kan sammenligne hvor man er i forhold til hvor man skulle vært. Informant 1 mener at det som er viktig med modellen er det å kunne se hvor man burde vært i dag, og hvor man ser for seg å være om noen uker. Informant 4 uttrykker at det ikke er så enkelt å synliggjøre med et diagram for alle hvor langt man har kommet i forhold til planen, eller gi de involverte et bilde av at forsinkelser får konsekvenser for andre. Mange tenker kun sitt fag. Han mener at en 4D modell ville kunne hjelpe prosjektlederen med å synliggjøre konsekvenser som forsinkelser har til en større gruppe. Han beskriver modellen som at den viser de store linjene. På det og det tidspunktet skjer det så og så mye på plassen som kan få konsekvenser. Som en oppgave som ikke er ferdig, og dermed ikke slipper til neste fag. Informant 7 mener at modellen hjelper med å synliggjøre konfliktområder. Det kan være konflikter som at to fag skal gjøre en aktivitet i samme området eller feil i rekkefølger. Han mener at mye aktivitet innenfor et mindre område kan være problematisk i forhold til HMS.

#### *Mulighet til å forbedre planleggingen*

To av prosjektlederne reflekterer over mulighetene for å lage framdriftsplanen med utgangspunkt i modellen. Informant 1 sier: «Hvis man har mulighet til å laste inn modellen, og lage framdriftsplanen med utgangspunkt i modellen kan det være et veldig bra verktøy». Han mener at det gir en annen tilnærming til å tenke ut planen som mer tilrettelagt til det som faktisk skal gjøres. Han har tidligere omtalt programmet som benyttes av bedriften i dag, og hvordan det benyttes fordi det i hovedsak er kjent blant de utførende. Informant 7 reflekterer over at hvis man hadde tatt utgangspunkt i et ferdig bygg og lager planen ved å plukke det fra hverandre, vil man hele tiden kunne se hva man har glemt. Han gir et eksempel på hvis man plutselig ser at taket henger i løse luften, vil det være tydelig at vi har glemt aktiviteten for taket. Det påstås at det ville vært en bedre måte å utarbeide planen, enn ved å lage planen først, ved større og mer kompliserte bygninger.

#### *Utfordrende å ha en tilstrekkelig modell*

Når informantene blir spurt om hva de ser på som utfordrende med denne metoden for formidling av prosjektet er det i hovedsak 2 områder som poengteres. Det ene går på nødvendigheten av å ha en tilstrekkelig og oppdatert modell. Det andre går på at modellen begrenses av datakunnskapen til prosjektdeltakerne. Informant 1 mener at utfordringen er å få en god kobling mot de som lager modellene. Han poengterer at når framdriftsplanen lages for prosjektet har de som regel ikke en ferdig BIM modell som kan være utgangspunkt for planen. BIM modellen lages som en del av prosjekteringen og den første modellen er i hovedsak bare en skisse som oppdateres mange ganger utover i prosjektet. Det er da viktig at det er enkelt å oppdatere den importerte BIM modellen. Informant 2 ser også dette som en utfordring og sier: «Utfordringen er først og fremst det å lage en skikkelig modell». Han påpeker at det er inputen som bestemmer hvor detaljert og god 4D modellen

blir. Han belyser forskjellene knyttet til hvilken type prosjekt man jobber med. Leilighetsprosjekter er ofte kommet en del lenger, enn industribygg i prosjekteringen før man begynner å bygge. Det kommer av at leilighetene gjerne skal selges før byggingen starter. Ved bygging av industribygg gjøres mer av prosjekteringen underveis, og industribygginger blir til etter hvert som man bygger. Utfordringen er derfor det å ha en tilfredsstillende modell klar før byggeprosessen starter. Informant 7 mener at skal det fungere må modellen være oppdatert og så sant som det lar seg gjøre, og beskriver det som utfordrende. Planleggingen må være mer detaljert og nøyaktig for at man skal ha full utnyttelse av 4D modellen. Det krever også at modellen er mest mulig nøyaktig.

### *Krever datakompetanse*

Flere av informantene påpeker også utfordringer knyttet til manglene datakompetanse. Informant 2 beskriver framdriftsplanlegging som generelt utfordrende, at kravet om datakompetanse fort øker terskelen for å benytte BIM modellen i framdriftsplanleggingen. Informant 4 mener at utfordringen er at planen ikke alltid går som den var planlagt, og hvor enkelt det kan redigeres for å holde planen oppdatert. Informant 1 mener at det er mindre rom for feil og at man må være reflektert og passe på at modellen viser riktig. Han mener også at når det er en ukjent metode for involverte vil det være en del utfordringer knyttet til omstilling til denne metoden. Byggelederne er begge enige om at de ville syns det hadde vært utfordrende å ta i bruk programmet som et verktøy i byggeprosessen. Begge byggeplasslederne poengterer flere ganger i løpet av intervjuet at det krever at det er en datakyndig som kan ta det i bruk, og at de ikke har nok kunnskap til å benytte det. Informant 6 sier direkte at han frykter programmet. Dette blir bekreftet av en tydelig skepsis gjennom store deler av intervjuet. Dette kommer nok av at det i casen benyttes prosjektet han er byggeleder på. Informant 5 sier at den kan glede seg den som er byggeleder ved prosjektet som benyttes, men ser det som utfordrende at han selv skulle lært seg å benytte programmet selv. Begge byggeplasslederne mener at skal det bli tatt i bruk vil det i hovedsak være mest aktuelt på byggemøtene. Her kan modellen styres av en med kompetanse, og benyttes til utgangspunkt for diskusjon rundt framdrift. Dette har de allerede erfaring med i bedriften, hvor BIM-modellen er blitt brukt aktivt under byggemøter i noen prosjekter. Flere av prosjektlederne beskriver også byggemøter som en arena hvor en 4D modell kunne være nyttig å benytte.

### *Bemerkninger ved modellen*

Under intervjuene om hvordan 4D BIM oppfattes kommer det flere spørsmål og kommentarer til konkrete ting ved modellen som benyttes. Informant 4 og 6 påpeker bruken av farger for å markere aktivitetene i modellen. Her er det benyttet samme farger som Gantt-diagrammet, noen av aktivitetene har veldig like farger. Informant 4 mener at det gjør noen av aktivitetene utfordrende å skille. Informanten blir demonstrert en situasjon hvor to fag med liknende farge opptre samtidig.

Informanten klarer å skille fagene, men poengterer at det er fordi han har kunnskap om hva aktivitetene innebærer. Informant 6 kommenterer på animasjonen at det er vanskelig å følge de forskjellige aktivitetene når videoen går såpass fort og man ikke kjenner aktivitetene på forhånd.

Under intervjuet med prosjektleder på prosjektet 40Femti kommenteres aktiviteten for bygging av rekkverkene på svalganger og balkonger. Under presentasjonen med øyeblikksbildene kommenteres: «Du var nok litt ambisiøs med rekkverkene, ser jeg. Står ikke på planen det». Han mener at det ikke står i planen og skal utføres seinere i planen. Når prosjektlederen presenteres for animasjonen, mener han at han ville gjort flere ting annerledes. Her kommenteres rekkverkene en gang til hvor prosjektlederen har tenkt det som ene egen aktivitet når kledningen er ferdig montert.

Informant 2 stiller spørsmål ved detaljnivået ved framdriftsplanen. Han lurer på om aktivitetene er delt opp rom for rom. Når han får påpekt at planen er bygget opp etasje for etasje, uttrykker han at de burde vært i rom. Han mener aktivitetene burde vært fordelt leilighet for leilighet, slik at det var sikret flyt i alle leilighetene. Informanten har tidligere uttrykt at han foretrekker detaljerte planer, som gir bedre kontroll på prosjektet.

#### *Oppsummering av 4D modell*

Alle informantene mener at 4D modellen gir en bedre forståelse av framdriftsplanen, enn et Gantt-diagram. Det at den er konkret og oppleves lettere å finne fram i gjør at modellen er god å bruke til å vise hva som forventes til de forskjellige tidene i prosjektet. Lik han man synliggjøre mål og sammenligne utførelsen med planen. Det har tidligere blitt påpekt hvordan noen underentreprenører kun tenker sitt fag. Det at modellen viser alle aktivitetene på byggeplassen, vil det kunne gi brukeren en større forståelse av alle aktivitetene på byggeplassen. Et par av informantene reflekterer over hvordan planlegging med utgangspunkt i modellen ville forbedret planen, og de tror det å plukke bygget fra hverandre som en del av planleggingsprosessen ville gjort planen bedre. Samtidig ser de at det begrenses av at man vanligvis ikke har en tilgjengelig modell på det tidspunktet planen lages. Det å få til et tilfredsstillende samarbeid med prosjekterende om levering av BIM-modell tidlig nok i prosjektet til å kunne bruke 4D BIM ses som utfordrende. I prosjektene de er vant med å jobbe på foregår prosjekteringen parallelt med utførelse, noe som gjør at modellen ikke vil være tilstrekkelig. Muligheten til å bruke 4D BIM begrenses dermed at hvor lang tid prosjekteringen har fått før utførelse begynner. Flere av informantene føler seg også begrenset i forhold til datakompetanse. Inntrykket er spesielt at bruk av modellen blant folk på byggeplass vil være spesielt krevende. Den beste måten å formidle framdriften ved 4D modellen anses derfor for å være på byggemøter, hvor programmet kan styres av en med kompetanse.



## 5 Diskusjon

I denne delen av oppgaven vil vi diskutere resultatene som er belyst i resultatdelen. Her vil det i tillegg til diskuterte de forskjellige aspektene ved resultatet, vurdere resultatene opp nok tidligere belyst teori. Diskusjonsdelen vil diskutere mangler ved modellen og utfordringer knyttet til å ta i bruk 4D BIM i bedriften. Videre vil vi diskutere hvilke mulige gevinster man kan oppnå, ved å vurdere de potensielle gevinstene som var belyst i resultatet.

### 5.1 Muligheten for å benytte en 4D modell

I denne delen av diskusjonen vil det drøftes aspekter knyttet til hvilke forutsetninger bedriften har for å benytte 4D BIM. Her vil det diskuteres hva som kreves av BIM modellen for å få til en best mulig kobling mot framdrift, hvordan bedriften burde samarbeidet rundt BIM i prosjektene for å oppnå en best mulig modell å ta utgangspunkt for 4D modellen, og hva som kreves av bedriften for å ta i bruk modellen.

#### 5.1.1 4D modellen:

Chau et al. (2002) beskriver at 3D modellen som skal benyttes til å framstille en 4D modell burde bestå av grafiske objekter som representerer enheter av bygningen som skal produseres eller er direkte relatert til byggeprosessen. De deler objektene inn i 3 kategorier; bygningselementer, aktivitetsobjekter og midlertidig anlegg (Chau, et al., (2002)).

#### *Bygningselementer*

Modellene som benyttes i prosjektet er modeller som kun omhandler selve konstruksjonen, og objektene som benyttes viser kun konstruksjonsdelene til bygget. Hva modellen er ment for å vise beskrives som avgjørende for om modellen er egnet for å gjenspeile byggeprosessen (Eastman, et al., (2011)). Modellene som benyttes i prosjektet er modeller som prosjekterende bruker for å lage perspektiver, planer, snitt og detaljtegninger for prosjektet. Modellene som benyttes brukes aktivt av prosjekterende og oppdateres etter hvert som endringer gjøres i prosjektet. RIB modellen beskriver konstruksjonsdelene til råbygget. Dette omhandler alt av bærende vegger, søyler, dragere, dekker og sjakter. Modellen inneholder elementene i produksjonsmessige størrelser og er derfor et godt utgangspunkt for å gjenspeile disse prosessene i prosjektet. ARK beskriver mer helheten av bygget. Dette innebærer blant annet plassering og utforming av fasader, vegger, vinduer og dører. Dette er godt utgangspunkt for å gjenspeile delene av byggeprosessen som ikke omhandler råbygget. Detaljnivået er noe grovt, som vil si at veggene og dekkene framstår som et objekt. Det var derfor nødvendig å koble flere oppgaver til disse objektene. Skulle det vært mer detaljert ville det vært hensiktsmessig med et objekt for hvert av sjiktene veggene er bygget opp ved. Dette opplevdes som mest nødvendig på ytterveggene. Der kunne det vært gunstig å skille utvendige og innvendige

prosesser med hvert sitt objekt. Slik ville man unngå at innvendig prosesser, så ut som prosesser på fasaden. For å hindre dette ble det i modellen ikke koblet innvendige prosesser til fasade elementene, for å unngå misforståelser. Samtidig vil dette gi feil bilde av aktivitetenes omfang.

For dette prosjektet er det ikke egne BIM modeller for de tekniske fagene. De oppgavene som da skal gjennomføres på disse fagområdene, måtte derfor kobles til andre elementer som kunne visualisere disse prosessene. For hovedføringene var disse lagt inn i BIM modellen fra ARK, for de andre ble de koblet til veggobjekter. Dette opplevdes som tilstrekkelig i denne casen siden framdriftsplanen ikke var veldig detaljert på dette området. Men er utformingen av det tekniske i bygget komplekst og omfattende, vil det være viktig med en egen modell på dette område i 4D modellen. I slike situasjoner vil mest sannsynlig en slik modell være prioritert. Hvor detaljert modellen trenger å være avgjøres av modellens størrelse, avsatt tid til å lage modellen og kritiske deler av prosjektet som skal kommuniseres. (Eastman, et al., (2011)).

Det kan være like hensiktsmessig å benytte et objekt til å vise de forskjellige aktivitetene for å konstruere objektet, som å benytte et detaljert objekt for hver delaktivitet (Eastman, et al., (2011)). Det opplevdes i programmet som enkelt å finne hvilke aktiviteter bygningselementet besto av i informasjonen til objektet, ved at alle oppgavene knyttet til en vegg ble koblet til vegg. Hadde det vært et objekt for hver aktivitet ville man ikke kunne sett aktivitetene i sammenheng. Man måtte da finne dette i planen, og man oppnår ingen forbedringer i forhold til bruk av et Gantt-diagram. Det å kontrollere om man har husket alle aktivitetene for hvert av bygningselementene og hvor de er i planen opplevdes som mye enklere ved å ha større objekter. Med mindre objekter vil visualiseringen av aktiviteten bli mer nøyaktig, men samtidig vil de bli vanskeligere å oppdage i modellen. Objekter som er foran eller rommer andre objekter, kan de fort skjule de andre objektene. Derfor vil det med små objekter være fare for at noen aktiviteter ikke vil være synlige fordi de er dekket av et annet element. I koblingsprosessen ble mange av objektene koblet til en aktivitet. Dette kom av aktivitetens omfang. Her var aktivitetene i hovedsak fordelt etter etasjer. Dette opplevdes som gunstig fram til og med fasader, men på innvendige arbeider opplevdes det som noe grovt. Informant 2 reflekterte over dette i intervjuet og mente at når oppgavene ikke var beskrevet mer nøyaktig en per etasje, ville det være vanskelig å sikre flyt etasjen. Eastman, et al. (2011) beskriver at det ofte kan være hensiktsmessig å benytte en mindre detaljert modell i fasene knyttet til bygging av bærende konstruksjon og klimaskall, men at det kan være nødvendig å bytte til en mer detaljert modell ved visning av interiør. Her var ikke modellen det som begrenset, men detaljnivået til framdriftsplanen. BIM-modellen og framdriftsplanen må være tilpasset det valgte detaljnivået, slik at en post i framdriftsplanen tilsvarer et objekt i BIM-modellen (Consigli AS, (2012)). Dette beskriver dermed

sammenhengen mellom detaljnivået i framdrift og BIM-modell. En grov framdriftsplan, begrenser detaljnivået til BIM-modellen.

### *Aktiviteobjekter*

Aktiviteobjektene er knyttet til de forskjellige aktivitetene ved bygget og ved en grafisk tekstur markerer hvilken prosess som pågår ved oppføring av et bygningselement (Chau, et al., (2002)). I Synchro Pro skapes et aktiviteobjekt ved å legge på en farge på objektene i BIM-modellen som markerer at det er en pågående aktivitet på elementet. Her var det allerede 4 forhåndsdefinerte kategorier; montering, vedlikehold, fjerne og midlertidig objekt. Disse kategoriene handler i hovedsak om hvordan objekter skal vises. Altså om de skal settes inn, bli værende eller fjernes. Dette ble opplevd som noe begrenset i forhold til å formidle hele prosjektet. Dette kommer i hovedsak av at BIM modellen kun inneholder objekter som skal monteres og at det blir vanskelig å skille aktiviteter som pågår samtidig. 4D BIM verktøyet gir mulighet for å egen definere aktiviteobjektene. I prosjektet som er benyttet i casen har planleggeren allerede organisert aktivitetene etter fag, med en tilhørende farge. Dette er et tiltak for å gjøre det enklere å skille aktivitetene i Gantt-diagrammet. Det ble valgt å benytte de samme fargene for å vise fagene i modellen. Dette ga en deling av fagene og mulighet for en sammenhengende lesning mellom modellen og Gantt-diagrammet. I intervjuet med informant 4 om 4D modellen blir fargebruk et tema. Han reagerer på at flere av fargene er veldig like og mener at det kan skape misforståelser. Det blir sett på en situasjon hvor fagene som er i konflikt opptrer samtidig. Informanten klarer å skille fagene, men mener at det forutsetter en del forkunnskaper om prosjektet. Når mye av nytten til modellen går på nettopp det å forbedre forståelsen av planen og spesielt for de som har begrensede forutsetninger, kan dette være uheldig. Samtidig vil det kreve refleksjon rundt de forskjellige aktivitetene som kan være gunstig, men som forutsetter at man har litt tid til å studere modellen. Man vil derfor ikke oppnå samme effekten ved presentasjon. Skal modellen være lett å tolke, må fagene være enkle å skille. Det kan være utfordrende i større prosjekter hvor det er mange forskjellige fag og aktiviteter. Her må man ta i bruk flere fargenyanser som vil gi noen likheter. Det vil derfor ofte kreves at brukeren må reflektere over aktiviteten.

For de objektene i modellen som var gruppert på nytt i programmet var det mulighet for å vise vekst. Vekst kan være et nyttig virkemiddel i forhold til å kunne følge opp framdriften til en stor aktivitet med at man hele veien kan sammenlikne modellen mot bygget. Informant 2 argumenterte for å ha detaljerte planer nettopp fordi store aktiviteter vil være vanskelige å styre etter. En modell som bruker vekst for å vise aktivitetenes utvikling vil gjøre det lettere å kontrollere utviklingen til store aktiviteter underveis, og ikke bare ved forventet ferdigstilling som i et Gantt-diagram. Visualiseringen av veksten har sine begrensninger i forhold til at den kun viser jevn utvikling. For

aktiviteter som trenger mye forberedelse, eller består av flere oppgaver med forskjellige vanskelighetsgrader vil det da kunne være villedende. Det vil fortsatt kunne ha fordel i at planlegger må reflektere over om aktiviteten egentlig burde være delt, for at framdriftsplanen lettere skal kunne styres etter. I casen benyttes dette til å visualisere elementmontasje. Det viser en jevn utvikling over tid, monteringsretningen og rekkefølgen slik planlegger ser det for seg. Om det ikke er et hjelpemiddel for styring og kontroll av framdriften, kan det være visuelt utgangspunkt for dialog rundt montering av elementene. Her vil man også kunne ha stort utbytte av å benytte modell av anleggsområdet og midlertidige objekter. Da kunne modellen vært et nyttig hjelpemiddel for planlegging av logistikk og leveranser på byggeplassen (Eastman, et al., (2011)).

### *Midlertidige objekter*

For å reflektere byggeprosessen på en best mulig måte er det viktig at 4D modellen inneholder midlertidige objekter (Eastman, et al., (2011)). Modellen kan da være nyttig i forhold til å planlegge rigg på byggeplassen og leveranser for å sikre god logistikk. Eastman et al. (2011) beskriver at det ved valg av programvare er viktig å kjenne til om programmet tillater at det kan settes inn midlertidige objekter. Dette er en mulighet i 4D BIM verktøyet som benyttes, hvor programmet gir tilgang til en database med midlertidige objekter. For å få utbytte av de midlertidige objektene er det nødvendig at modellen inneholder en grafisk framstilling av anleggsområdet. På den måten kan de midlertidige objektene markere aktiviteter på anleggsplassen og plassbruk. Informant 1 beskrev det å jobbe med å bygge på et eksisterende bygg hvor det er pågående drift i bygget under byggeprosessen som en av faktorene som gjorde framdriftsplanlegging vanskelig. I slike tilfeller ville en 4D modell med et anleggsområde vært nyttig i forhold til å planlegge logistikk for å sikre tilgang til aktivitetene i bygget, samt kunne informere om planlagte situasjoner som vil påvirke den pågående driften (Eastman, et al., (2011)). Det er ikke forsøkt å framstille en modell av anleggsområdet. Vi vil derfor ikke se nærmere på hvilket potensiale informantene ser på dette.

#### **5.1.2 Utfordringer ved å produsere en 4D modell**

Prosessen med å produsere modellen viser at materialet som bedriften har tilgjengelig i prosjektet gir god mulighet for å ta i bruk 4D BIM. Prosessen viser samtidig at det er flere aspekter framstillingen av 4D modellen som skaper utfordringer eller gjør prosessen tidkrevende. Disse punktene vil bli drøftet i dette avsnittet.

### *Bedriftens forutsetninger*

Bruk av BIM er ikke et fokusområde for bedriften. Hvordan BIM benyttes i prosjektene som bedriften utfører varierer og samarbeidet er kun definert hvis det er et krav stilt av byggherre. De fleste av bedriftens prosjekter planlegges ved at arkitekt og RIB benytter BIM. Blant annet på grunn av at

sammenheng mellom forskjellige visninger av prosjektet gjør det lettere å gjøre endringer ved at BIM sikrer at alle visningene er oppdatert (Eastman, et al., (2011)). Informant 1 beskriver at han har gode erfaringer med nettopp dette, og mener at bruk av BIM gir mindre feil og mangler fra prosjekterende. Han presiserer at selv om det ikke er et definert krav at prosjekterende skal benytte BIM er det ikke aktuelt å benytte noen som ikke gjøre det. 2 av informantene er skeptiske til å benytte BIM noe mer utover de. Informant 3 tror ikke at større fokus på BIM vil kunne gi noe større utbytte for bedriften. Han viser til at de har et bra samarbeid med RIB som tegner og kontrollerer sine modeller, og at rådgiverne selv tar ansvar for å sjekke opp mot de andre fagene. Han mener at det fungerer fint slik det er og mener at det oppstår lite feil som følge av at de bygger kjente bygg.

Deling av informasjon og tegninger i prosjektene gjøres ved bruk av nettbasert dokumentbehandlingssystem. Dette gir en enkel distribuering av dokumenter i prosjektet og sikrer at alle har tilgang på de siste revisjonene. Dette systemet er også der hvor BIM modellene deles mellom de forskjellige fagene. Delingen skjer ved bruk av filformatet IFC, som er en åpen standard som sikrer åpen arbeidsflyt på tvers av programvarer (buildingSMART International, (2014)). Entreprenøren bruker modellen for å visualisere prosjektet, men er avhengig av 2D tegninger under utførelse, noe som begrunnes med at modellen ikke blir detaljert nok. Detaljnivået begrenses nok av økonomien i prosjektet, samtidig handler nok fokuset også om at det er krevende å bygge opp tilfredsstillende kompetanse på BIM og et BIM fordyrer prosjektet. Ved å fokusere på BIM er det da fare for at det å ferdigstille modellen vil gå på bekostning av økonomi eller detaljtegningene. Bew og Richards har utviklet en beskrivelse av BIM samarbeid, hvor de deler samarbeidet inn i 4 nivåer (Beard, (2015)). Samhandlingen i entreprenøren sine prosjekter kan ut i fra denne beskrivelsen defineres som Nivå 1. Dette begrunnes ved at det i prosjektene tegnes i 3D, men at det benyttes 2D tegninger for dokumentering av prosjektet. Noen av fagene benytter BIM til utvikling av prosjektet, og det deles elektronisk mellom aktørene. Kriteriene som ikke er tilfredsstillt for at samarbeidet kan defineres som nivå 2 er blant annet at prosjektene ikke har noe definert samarbeid om bruken av BIM, selv om BIM modellene deles mellom fagene ved en åpen standard.

Siden informantene uansett ser behov for å ha 2D tegninger og anser kostnadene med å bygge opp BIM kompetanse som store, oppleves det som at bedriften ikke ser noe mer verdi i bruken av BIM. For å oppnå større utbytte for bedriften på dette området krever det større samhandling rund bruken av BIM. Det krever at alle bruksområdene for BIM modellen må være mer definert og at aktørene i prosjektet må bygge opp BIM kompetanse. Som en totalentreprenør beskriver informantene bedriften som ansvarlige for utvikling og utførelse av prosjektet og kontaktleddet mellom byggherre, prosjekterende og utførende. Ønskes det å oppnå større utbytte av BIM i prosjektene står derfor entreprenøren sentralt for å forbedre samhandlingen ved bruk av BIM i

prosjektene. Det at entreprenøren er kritisk til BIM gjør at de begrenser utbyttet som kan oppnås. Dette oppfattes å komme av at entreprenøren ikke ser egne områder hvor de kan bruke BIM. Det å ta i bruk 4D BIM i bedriften vil ikke direkte forbedre samarbeidet på dette området, men for å kunne ta i bruk metoden på en effektiv måte i prosjektene må samarbeidet være mer definert. 4D BIM kan dermed være et område hvor de selv kan se nytte ved, og vil oppfordre til at entreprenøren engasjerer seg med i å oppnå et mer definert samarbeid rundt BIM.

### *Koblingsprosessen viser flere utfordringer*

Hvis samarbeidet rundt BIM vil fortsette ved bruk av modeller delt ved filformatet IFC, kan det være lurt å ha definert noen kriterier for hvordan denne modellen skal være for å oppnå en god og effektiv kobling av 4D modellen.

Alle IFC-modellene har en felles generell struktur for oppsetting og tilgang på bygningselementene basert på objektets plassering i modellen slik at informasjonen tilknyttet objektene deles inn i et hierarki (Eastman, et al., (2011)). Grunnen til at strukturen til modellen er viktig er at den blir benyttet for å organisere objektene i 4D verktøyet. Er strukturen i modellen gjennomtenkt, unngår planlegger å måtte bruke tid på å organisere objektene på nytt. En oversiktlig modell vil være gunstig ved all bruk av BIM-modellen. Dette vil gjøre en manuell kobling enklere, men er også spesielt viktig for å oppnå en automatisk kobling. Det var stor variasjon i hvordan dette var gjennomført i BIM modellene som ble benyttet i prosjektet. RIB modellen var lite gjennomtenkt på dette punktet, og mange av nivåene i hierarkiet var udefinerte. Modellen inneholdt også mye kopiering fra andre prosjekter RIB har utført, som kan skape forvirring. I denne modellen var det krevende å finne fram til objektene og det måtte derfor gjennomføres en helt ny organisering av objektene for å få til en enkel koblingsprosess. Reorganisering av modellen kan oppnås ved at 4D verktøy har mulighet til å omstrukturere hierarkier eller lage egendefinerte grupperinger (Eastman, et al., (2011)). Det vil i noen tilfeller være gunstig med en gruppering av objekter i modellen. I det utførende studiet gir den nye organiseringen av RIB modellen mulighet til å visualisere utviklingen til aktivitetene i framdriftsplanen. Når omfanget til aktiviteten er store, kan visualisering av utviklingen gjør det enklere å kontrollere framdriften i prosjektet. ARK modellen derimot har en godt definert struktur, dette gjør det mye enklere å finne fram til objektene.

Objektene i IFC-modellen er definert ved bruk av 26 definerte basis enheter, som er med å definerer objektene. Dette er informasjon om blant annet geometri, materiale, mål, aktør, presentasjon og verdier. Det at det tilkoblet en del informasjon til de forskjellige objektene gjør at det ut fra defineringen av objektet blir mulig å skille objektene. Dette kan være gunstig med tanke på å få til en automatisk kobling av 4D modellen. Koblingen av ARK modellen ble gjennomført ved å benytte informasjonen til objektene. Her ble det for hver etasje gjort en automatisk tilkobling basert

på ifcType og ifcRelatedType. Dette er informasjon som ga en beskrivelse av typen objekt der ifcType er overordnet og ifcRelatedType gir en litt mer detaljert beskrivelse. Dette ga en mulighet for automatiske kobling mot framdriften som gjorde koblingsprosessen mye enklere og effektiv. Det krevde fortsatt en del å finne system i informasjonen som gjorde det greit å skille objektene. Det kan derfor være gunstig å definere noen kriterier for hvilken informasjon hvert objekt skal inneholde. Har man en standard for hvilken informasjon som skal benyttes, kan man legge inn denne informasjon i framdriftsplanen og ha en generell regel for kobling mot modellen. Viktig informasjon objektene burde inneholde for å automatisk kunne skille objektene er i hvilken modell, hvilken etasje, objekt type og om nødvendig objekt beskrivelse. Objektene kan eventuelt skilles med en systematisk bruk av ID-nummer, men det opplevdes som mer krevende å holde kontroll på. Hvordan denne informasjonen er mulig å tilegne objektene i de forskjellige BIM programmene som benyttes er ikke betraktet i denne oppgaven. Objektene blir i det utførende studiet hovedsakelig skilt ved bruk av informasjon om typeobjekt og objektbeskrivelse. Noen objekter i ARK modellen var delt inn i mindre objekter, noe som gjorde at de mistet tilhørende informasjon og måtte skilles med utgangspunkt i ressursnavn. Det var ingen informasjon i objektene knyttet til modell og etasje. Den automatiske koblingen ble derfor gjennomført ved å markere de objektene som tilhørte de forskjellige etasjene og benyttet en regel som var begrenset til markerte objekter. Objektene var enkle å markere i ARK modellen, siden modellen hadde en systematisk struktur. Ulempen er at koblingen må gjennomføres en gang for hver etasje. Hadde denne informasjonen vært en del av objektene ville det kun vært nødvendig med å koble en gang, og prosessen hadde vært meget effektiv. Ved å ha en standard for objekt informasjon og regler for kobling, vil den automatiske koblingen raskt koble de tingene som er standard i prosjektet. Dette er aspekter som planlegger mest sannsynlig allerede har tatt høyde for. Den resterende koblingsprosessen vil da i hovedsak konsentrere seg om de objektene som er nye, ukjent eller uvanlige. Dette gir planleggeren mulighet til å forbedre framdriften med tanke på de delene av prosjektet som er nye for planleggeren.

### 5.1.3 Entreprenørens mulighet til å benytte 4D BIM i sine prosjekter?

Når informantene beskriver bedriften de jobber i er de opptatt av et den er en liten, enkel og oversiktlig organisasjon. Noe alle informantene er enige om og det er derfor mulig å anta et det er noen av sidene ved entreprenøren som ses på som viktige. På spørsmål om hvordan de skiller seg ut mener de at dette er den største fordelene deres. De mener det gjør at de er enkle å forholde seg til og effektivt organisert. En av informantene mener også at dette gjør bedriften attraktiv å jobbe i siden det er liten styring og større frihet i måten jobben skal gjennomføres. Når dette presiseres velger de å beskrive seg mot de større og landsdekkende entreprenørene. På dette spørsmålet kan det derfor virke som at de definerer seg i samme kategori som de større entreprenørene. Dette kan

være at de anser det i forhold til at de konkurrerer mot disse bedriftene i forhold til å sikre seg nye prosjekter. Det kan også komme av at alle informantene har jobbet hos de større entreprenørene, og derfor sammenlikner mot den tidligere jobben. På dette spørsmålet er det nok heller tydelig at de plasserer bedriften i en større sammenheng. Det er mye som tyder på at de ikke kan anses for å være blant de større entreprenørene. Bedriften er begrenset i forhold til ressurser, systemer og kompetanse, i forhold til de landsdekkende entreprenørene. Samtidig ønsker de å være konkurrenter mot de større bedriftene, i sitt lokale område. For å måle seg mot de større bedriftene fokuserer de på sidene ved bedriften hvor de kan være konkurransedyktige. Det er at bedriften er liten og oversiktlig, lite og effektivt hierarki, og stor frihet og fleksibilitet. På disse områdene vil bedriften være mer lønnsomme enn de landsdekkende entreprenørene, som trenger mer omfattende system og større grad av styring. Vi kan på denne måten beskrive entreprenøren som en mindre bedrift, og framhever verdier som mindre entreprenør bedrifter vil anse som viktige. Dette burde dermed bli tatt hensyn til ved vurdering av gevinstene 4D BIM gir. Vi vil videre se på hvordan bruken av 4D BIM samsvarer med disse målene.

I beskrivelsen bedriften gir av hvordan prosjektene deres er, kommer det fram at de gjør kun en liten del av utførelsen selv og at de har en stor grad av innkjøpte tjenester. Informant 1 og 2 beskriver jobben som prosjektleder som at det i hovedsak går ut på å administrere underentreprenørene og beskriver prosjekt og byggeledelse som det bedriften er flinke på. Ved at en stor del av de som gjør utførelse ikke er i firmaet, blir det en større avstand mellom de involverte i prosjektet og mange aktører med ulike interesser. Dette krever mer av kommunikasjonen og koordineringen i prosjektene. Det er i hovedsak to personer i bedriften som er ansvarlige for oppfølgingene av prosjektene. Dette er prosjektleder og byggeleder. Prosjektleder har det overordnede ansvaret for prosjektet, mens byggeleder er ansvarlig for å følge opp prosjektet på byggeplass. At det er få involverte gjør at det er kort vei mellom de utførende og de som tar beslutninger. Dette kan være med å gi en mer effektiv struktur og raske avgjørelser. Samtidig stiller det store krav til prosjektlederens kommunikasjons- og samarbeidsevner, for å sikre at viktig informasjon blir delt. I intervjuene virker det som at det gis lite føringer for hvordan prosjektleder skal gjennomføre oppgavene sine. Det gjør at oppfølgingen blir veldig personavhengig, og avhenger mye av prosjektleder sin kompetanse og egenskaper. Hvordan informasjonen blir kommunisert kan derfor variere stort. Det å legge noen føringer i forhold til hvilket hjelpemiddel som skal benyttes for å kommunisere viktig informasjon om prosjektet kan da være gunstig i forhold til å sikre at viktig informasjon blir formidlet på en forståelig måte. Samtidig vil det å legge føringer for valg av hjelpemiddel ha en risiko for å begrense prosjektlederne. De vil på den måten få en begrenset frihet og fleksibilitet i forhold til hvordan de skal utføre planleggingen og formidlingen av prosjektet, ved at



det legges føringer om hvordan dette skal gjøres. Det kan føre til at refleksjon rundt å tilpasse metode etter situasjon og kapasitet forverres.

Framdriftsplanen som er laget for prosjektet er utviklet i MS Project. Framdriftsplanen er utviklet av prosjektleder og er gjennomført med detaljerte aktiviteter og tydelige avhengigheter. Prosjektlederne i bedriften har stor frihet til hvordan de utfører oppgavene sine. Det kan derfor tyde på at det er variert hvordan programmet benyttes for å utvikle framdriften til prosjektene. MS Project oppfattes derfor som et tilgjengelig hjelpemiddel for planleggner av framdriften i prosjektene, men ikke noe de pålegges å bruke. Gjennom intervjuene kommer det fram at det er et kjent program og benyttes av flere av informantene. Dette understrekes også ved at de mener at det er viktig å holde planen oppdatert gjennom prosjektet og at det er viktig å kunne ta utsnitt for å bruke den ved oppfølging av framdriften, noe som viser til sidene ved programmet de benytter. Det oppleves fortsatt som litt av hvordan framdriftsplanleggingen og formidlingen gjennomføres varierer blant informantene. For at bedriften skal ta i bruk 4D BIM må prosjektene det skal benyttes i utvikles i MS Project, etter nettverksmetoden, eller ved bruk av Synchro PRO. Det er derfor viktig at prosjektlederne kan, og benytter dette aktivt. Kolltveit, et al. (2009) beskriver 5 faktorer for styring av utførelse av et prosjekt. Dette er faktorene kvalitet, fremdrift, ressursforbruk, økonomi og HMS. I intervjuene kommer det fram at informantene er enige om at en godt planlagt framdriftsplan er viktig for å oppnå en god gjennomføring av prosjektet og mener at avvik i framdriftsplanen kan få konsekvenser for ressursforbruk, økonomi, kvalitet og HMS.

For at bedriften skal kunne oppnå utbytte av 4D BIM, må bedriften legge noen føringer slik at utgangspunktet for koblingen av BIM-modellen og framdriftsplanen er tilfredstillende. Vi har tidligere argumentert for at bruk av 4D BIM i bedriftens prosjekter er avhengig av at de får til et tett samarbeid med prosjekterende på områder. Dette kommer av at det er viktig at entreprenøren legger noen føringer for hvordan BIM modellen skal passe entreprenørens behov. Kriteriene blir da en del av kontrakten som avtales med prosjekterende, eller en del av en BIM manual for prosjektet. Hvordan dette kan gjøres vil ikke bli beskrevet noe nærmere. Disse kriteriene vil i lite grad påvirke arbeidet til de ansatte hos entreprenøren, men vil i hovedsak påvirke arbeidsmengden til prosjekterende. Det kan derfor fordyre prosjektkostnadene knyttet til prosjektering. Det kan også flytte fokuset til de prosjekterende fra å utvikle gode arbeidstegninger i prosjektet, til å fokusere mer på ferdigstilling og struktur i BIM modellen. Dette kan forsinke prosjekteringsprosessen i prosjektene og føre til større risiko for at prosjekterende hentes inn av utførelse, noe som oppleves av informantene som uheldig. Informant 3 beskriver samarbeidet med RIB som at RIB har en egen BIM koordinator som gjennomfører kontroller av modellen. Dette er et samarbeid som informanten trives med, siden de ikke benytter BIM-modellen aktivt selv. Ved bruk av 4D BIM i bedriften vil det bli

nødvendig å bygge opp egen BIM-kompetanse, slik at de har ansatte som kan kontrollere at modellene er tilfredsstillende. Det vil da være nødvendig med en egen BIM-koordinator, eller at prosjektlederene tilegnes denne kompetansen. I tillegg er det viktig at planleggerne i bedriften har god kompetanse på bruk av planleggingsverktøyet til bedriften og at det benyttes et planleggingsprogram som kan eksporteres til 4D BIM verktøyet, slik at framdriftsplanen kan benyttes til koblingen av 4D modellen. I denne bedriften gjelder det bruk av MS Project. Dette er et program som kan benyttes til kobling mot modellen og det må derfor beherskes og benyttes av prosjektlederene til entreprenøren. Siden 4D BIM stiller flere kvar til hvordan planleggingen skal gjennomføres, vil det derfor kunne begrense fleksibiliteten og friheten som prosjektlederene har i forhold til hvordan de ønsker å planlegge og formidle framdriften. Noe som kan oppleves som hemmende for bedriften. Samtidig er programmet kjent for flere, noe som gjør at bedriften har gode forutsetninger.

I intervjuene beskriver alle informantene manglende datakompetanse som en utfordring for å kunne benytte 4D BIM og da spesielt av folk på byggeplassen. Skal 4D BIM benyttes er det viktig at alle kan håndtere det. Et Gantt-diagram kan enkelt deles på papir, og forstås like enkelt som i dataprogrammet. Diagrammet kan derfor lett spres og benyttes av mange av de involverte i prosjektet. Bruk av 4D BIM krever at alle som skal benytte det lærer å forstå programmet først. Når modellen ble presentert for en av byggelederne, var han tydelig skeptisk og sa rett ut at han frykter programmet. Dette kan komme av at informanten har lite erfaring med data, noe som gjør at terskelen er høy for å forstå. Det kan også komme av at informanten var helt ukjent for metoden, som gjorde at informanten ser for seg at det krever mye å forstå den. Eller det kan være at frykten ble framprovosert ved at informanten ble presentert for prosjektet han selv jobber med. Noe som kan ha skapt frykt for at han selv må benytte det. Det er bred enighet om at bruk av 4D BIM, krever kompetanseøkning av bedriften. Begge byggelederen ser det som utfordrende at de skulle tatt det i bruk. Hvis modellen skaper frykt blant prosjektdeltakerne, vil dette skape en barriere for å ta i bruk programmet. Dette vil redusere fordelene bedriften kan oppnå ved å bruke 4D BIM. Kunnskap om og erfaring med metoden vil kunne senke terskelen. Det vil derfor måtte være nødvendig tilegne de ansatte kunnskap på området og jobbe med holdninger i forhold til metoden. Dette vil kreve mye av bedriften og det vil ta tid før metoden er innarbeidet. Når det også er mange involverte underentreprenører, kreves det også en del i forhold til å gjøre metoden kjent for alle prosjektdeltakerne. Byggemøtene blir derfor presentert som en godt egnet arena for å benytte en 4D modell. Her vil modellen kunne styres og håndteres av en med kunnskap og deltakerne på møte vil kunne få utbytte av fordelene visualiseringen gir.

## 5.2 Mulige gevinster 4D BIM kan gi

Westhagen et al. (1995) beskriver at planlegging innebærer å skaffe en nødvendig oversikt over oppgavene som skal gjennomføres, gi et nødvendig grunnlag for oppfølging og utførelse, samt motivere og formidle informasjonen om kommende oppgaver. Dette er nødvendig for å kunne *samordne aktiviteter og ressurser over tid slik at målene kan nås med et lavest mulig ressursforbruk* (Westhagen, et al., (1995)). For at 4D BIM skal være et nyttig verktøy i planleggingsprosessen burde det forbedre eller støtte et eller flere av disse områdene. Er metoden et nyttig planleggingsverktøy for å skaffe seg den nødvendige oversikten over oppgavene som skal gjennomføres? Er metoden et nyttig oppfølgingsverktøy for å gi nødvendig grunnlag for oppfølging og utførelse? Er metoden et nyttig presentasjonsverktøy for å motivere og formidle informasjon om kommende oppgave?

### 5.2.1 Planleggingsverktøy

Teoriene rundt en 4D modell beskriver modellen som en kobling mellom en framdriftsplan og en 3D modell (Geldson & Greenwood, (2016)) (Consigli AS, (2012)). Metoden beskrives derfor ikke som en egen planleggingsmetode, men som en metode for å visualisere og forbedre en allerede planlagt framdriftsplan. Det vil si at 4D BIM ikke kan beskrives som en planleggingsmetode i seg selv, men heller en videreutvikling av framdriftsplanleggingen. Vi vil her beskrive hvordan utviklingen av en 4D modell kan være med å gi gevinster i planleggingsprosessen av et prosjekt.

#### *Vurdere aktivitetens omfang*

Framdriftsplanlegging kan beskrives som å identifisere aktivitetene som skal utføres, beslutte en varighet for hver aktivitet og plassere aktivitetene i riktig rekkefølge. En anerkjent og vanlig metode for utvikling av framdriftsplaner er nettverksmetoden. Metoden danner grunnlag for dataprogrammer for utvikling av framdriftsplaner. Denne metoden som står sentralt i både programmet Synchro Pro som benyttes til utvikling av 4D modellen og MS Project som benyttes av Masiv Bygg til utvikling av deres framdriftsplaner. Nettverksmetode er en fellesbetegnelse for flere planleggingsmetoder. Metodene går i hovedsak ut på å konstruere et nettverksdiagram. Det vil si at man setter opp aktivitetene og kobler de forskjellige aktivitetene sammen etter hvordan de skal utføres i forhold til hverandre. Metoden er nyttig til å finne prosjektet totale varighet og finne alle aktivitetenes flyt for å ha kontroll på hvilke aktiviteter som er mest kritiske og dermed trenger mest oppfølging.

Det er mye usikkerhet knyttet til planlegging. Dette kommer av at oppgaver tidligere ikke er gjennomført eller ikke er detaljert nok definert (Westhagen, et al., (1995)). Det gjør at forutsetningene som legges til grunn for planleggingen kan være feil, og at rekkefølgene på aktørene blir vanskelig å bestemme (Kolltveit, et al., (2009)). Det å bestemme aktivitetene bygger på

hvordan prosjektet er beskrevet av prosjekterende. Hvor godt beskrevet prosjektet er, avgjør hvor god planen blir. Omfanget av aktivitetene i planen er også avhengig av hvordan planlegger ønsker å formidle prosjektet. Hos Masiv Bygg beskrives mye av prosjekteringen til å gjennomføres parallelt med utførelse. Det vil derfor si at grunnlaget for utviklingen av framdriften vil være begrenset, noe som vil gi en del usikkerhet. To av prosjektlederene velger å håndtere denne sikkerheten ved å lage planer som er lite detaljerte. Dette begrunner de med at det gir et større spillerom for underentreprenørene, som får mulighet til å koordinere en større del av oppgavene sine selv. Dette stiller mer krav til kommunikasjon mellom prosjektleder og utførende, siden planen fra prosjektleder er mindre tydelig.

Prosjektlederene er opptatt av at planen må justeres underveis, det kan nok komme av at planen trenger å oppdateres for å stemme med hvordan bygget er planlagt. Prosjektlederene beskriver dette som viktig for å sikre at brukerne benytter seg av planen, ved at de opplever planen som troverdig. Ansvarlig for planlegging av framdriften i prosjektet er prosjektleder. Siden entreprenøren ser ut til å ønske at de ansatte skal ha stor grad av frihet og fleksibilitet, ligger det lite føringer for hvordan dette skal gjøres. Planleggingen avhenger derfor mye av en person, noe som kan gjøre at det fort kan oppstå feil. Informantene beskriver derfor at det er viktig å dele framdriften med utførende slik at de kan kontrollere sine oppgaver, men hvordan dette gjøres er fritt for prosjektlederene. Ved hvilket tidspunkt kontrahering av underentreprenørene skjer i løpet av prosjektet er også en faktor for hvordan man har mulighet til å oppnå tilbakemeldinger fra underentreprenører. Blir underentreprenøren kontrahert tidlig vil det være mye rom for endringer i planen. Blir de kontrahert seint i prosjektet vil mye av planen være satt og underentreprenørene vil ha liten mulighet for å påvirke.

Planleggeren kan ved å lage 4D modellen evaluere planen og finne begrensninger ved konstruksjonen som tvinger planen til å bli gjennomført på en bestemt måte (Koo & Fischer, (1998)). Koblingsprosessen av en 4D modell kan være nyttig ved at det på en konkret måte kan brukes av prosjektleder for å kontrollere om alle delene av bygget er tatt hensyn til i framdriften. På den måten kan man ved bruk av modellen finne begrensninger ved konstruksjonen som påvirker gjennomføringen og avklare problemer ved byggeprosessen som tidligere ikke er oppdaget (Koo & Fischer, (1998)). Ved å benytte automatisk kobling av framdriften og modellene vil denne koblingsprosessen gjennomføres på en effektiv måte. Dette krever at modellen er planlagt for det. Da vil alle vanlige og kjente objekter i modellen, koble seg mot framdriften automatisk. Dette er oppgaver som bærende elementer, dekker, vegger, vinduer, dører og trapper. Når disse koblingene er gjort sitter man igjen med de elementene som ikke er standard i prosjektet. Dette hjelper planleggeren til å sikre at han har husket alle oppgavene i prosjektet og gir mulighet for at

planleggeren får konsentrere seg om de aspektene ved bygget som er ukjent. I det utførende studiet oppstod en slik situasjon. Når 4D modellen ble koblet, var det ingen aktivitet for montering av rekkverk. Prosjektleder ble spurt om hvor rekkverkene skulle monteres. Han ønsket et det skulle monteres på slutten av kledning. Rekkverkene ble derfor koblet til kledningsaktivitetene, for å vise det totale omfanget av denne aktiviteten. I intervjuene med prosjektlederen kommenteres rekkverkene. Han mener at kledningsaktivitetene er for omfattende og at rekkverk har en egen aktivitet seinere i programmet. Her var enten aktiviteten glemt i framdriftsplanen, eller ikke valgt å tas med i framdriftsplanen. Denne aktiviteten var kanskje ikke den mest kritiske siden oppgaven ikke forsinker andre fag, men ved at den ikke var definert i planen kan det oppstå usikkerhet eller misforståelser rundt denne aktiviteten hvis ikke kommunikasjonen er god. Koblingsprosessen gir mulighet til å oppdage og reflektere rundt mulige mangler ved planen. Dette kan være med å redusere usikkerheten knyttet til det å beslutte aktiviteter. På denne måten kan modellen være med å sikre at framdriftsplanen blir en god huskeliste for prosjektlederne. Et par av prosjektlederne mener at BIM-modellen som skal benyttes til en 4D modell må være nøyaktig. 4D modellen blir ikke bedre enn modellen man tar utgangspunkt i. Det påpekes også at den må holdes oppdatert, slik at den alltid er rett. Programmet gir mulighet for fortløpende oppdateringer av modellen. Hvilke begrensninger BIM modellen i casen har i forhold til dette og hvilke gevinster det vil gi er ikke vurdert.

#### *Vurdere avhengigheter:*

Gardiner (2005) beskriver fasen med å bestemme avhengighetene mellom aktivitetene som den mest utfordrende delen ved planlegging av et nettverksdiagram. Dette kan muligens beskrives ved at mange aktører i prosjektet, gir høy grad av kompleksitet ved beslutning av rekkefølger (Kolltveit, et al., (2009)). Informantene beskriver avhengighetene som viktig for å sikre at alle fagene kommer inn til rett tid, unngå at fagene jobber oppå hverandre og at alle fagene får en jevn flyt. For å oppnå dette beskriver de hvordan de prøver å få organisert Gantt-diagrammet slik at aktivitetene legger seg i rekkefølger nedover i planen, etter når de skal utføres. Et par av informantene forklarer at de ser for seg at 4D modellen kan synliggjøre konflikter som skyldes at et fag stenger for et annet fag. Slike konflikter er uheldige ved at de kan skape uforutsette forsinkelser. Det å visualisere aktivitetene kan være nyttige ved at de synliggjør aspekter ved gjennomføringen som kan skape forsinkelser. Det at planleggeren får analysert mulige tid-rom konflikter, sikkerhet på byggeplassen og begrensninger knyttet til bruk av byggeplassen, vil problemer kunne bli oppdaget og man kan lage en mer realistisk plan (Koo & Fischer, (1998)).

Informant 2 har her reagert på planens detaljnivå. Han mener at det at planen er delt opp i etasje er litt begrenset. Han tenker at det å dele opp i rom, eller leiligheter ville sikret en større flyt gjennom etasjene. Slik som det er delt opp i etasjer, får ikke planlegger sikret en god flyt. Forsinkelser kan fort forekomme som følge av dårlig kommunikasjon mellom fagene. Det å se fagene plassering i forhold til hverandre i modellen kan være med å hjelpe planleggeren å oppnå en tryggere og mer realistisk plan med tanke på rekkefølgene mellom fagene. Et par av prosjektlederne har beskrevet viktigheten av å sikre fagene en god flyt og kontinuitet på byggeplassen. Stopper arbeidet opp for et av fagene trekkes ressurser vekk fra prosjektet, som da kan være utfordrende å få tilbake. Det fokuseres også på hvordan mangel på kontinuitet gjør at prosjektet mister kunnskap folk har bygget seg opp om prosjektet. Med en mer nøyaktig plan vil flyten beskrives mer nøyaktige og plassbegrensningene vil bli mer korrekt. Utfordringen blir at det blir flere aktiviteter å holde kontroll på og avhengighetene mellom aktivitetene blir mer komplekse. Dette vil kreve mer av planleggerne, og må derfor være en vurderingssak ut fra prosjektets kompleksitet og kommunikasjonsfilosofi. Visualiseringen av aktivitetenes plassering vil uansett være med å tydeliggjøre faser i prosjektet som krever tettere kommunikasjon mellom fagene. I et nettverksdiagram vil eneste måten å framstille tid og rom konflikter være ved bruk av logiske avhengigheter. Diagrammet er derfor begrenset i forhold til å formidle bakgrunnen til disse avhengighetene (Koo & Fischer, (1998)). Det at Gantt-diagrammet ikke viser aktivitetenes plassering, gjør at disse begrensningene ikke vil være tydelig. Slike konflikter kan derfor være utfordrende å oppdage før de oppstår. Det vil en 4D modellen kunne belyse, på en konkret måte.

### *Planlegge med utgangspunkt i modellen*

To av prosjektlederne reflekterer over muligheten for å planlegge framdriften med utgangspunkt i BIM-modellen. Det påstås at dette ville gitt en mer tilrettelagt tilnærming til å tenke ut framdriftsplanen ved at man plukker fra hverandre modellen. Da vil man se hvilke deler av bygget man har planlagt for og hvilke deler av bygget man ikke har fått med. De mener dette ville vært en bedre måte å planlegge på, en slik de er vant til å planlegge. Det å benytte en konkret modell, ses derfor på som en godt utgangspunkt for å oppnå en reel framdriftsplan. For at framdriftsplanen skal kunne planlegges på denne måten forutsetter det at BIM modellen er ferdig utviklet før framdriftsplanen lages. Dette er en av utfordringene som informantene presiserer under intervjuet. 3 av prosjektlederene mener at det er utfordrende å ha klar en skikkelig model før planlegging av prosessen, og et det krever et større samarbeid med de som lager BIM-modellene. Ved å integrere 4D BIM i planleggingsprosessen kan modellen være nyttig for å formaliserer design og konstruksjonsinformasjon og oppfordre til samarbeid mellom prosjektdeltakerne (Koo & Fischer, (1998)). Dette kan enten være at entreprenøren trenger å stille noen krav til prosjekterende for å

sikre seg en tilstrekkelig modell (Consigli AS, (2012)), eller at modellen gir planleggeren mulighet til å informere designeren om problemer knyttet til designet (Koo & Fischer, (1998)).

Consigli AS (2012) mener at det er lurt at entreprenøren i forkant av prosjektet stiller noen krav til BIM-modellen som skal leveres i de forskjellige fasene av prosjektet. Dette er for å sikre at BIM-modellen er tilpasset soner og produksjonsmessige størrelser. Hvilke krav som kan være nyttige å stille fra prosjekterende har blitt belyst tidligere i diskusjonen. Consigli AS(2012) mener også at 4D modellen kan benyttes til å stille krav til levering av modell ut fra når den skal benyttes til framdriftplanleggingen. Det er vanlig at prosjekteringen skjer parallellt med utførelsen i Masiv Bygg sine prosjekter. Det er derfor ofte at det ikke er ferdig en tilfredsstillende modell til å planlegge ut fra. De beskriver derfor det som en av utfordringene knyttet til å benytte 4D BIM i prosjektene. For å få til en 4D modell har det blitt påpekt at det er lurt at det skapes et mer definert samarbeid rundt bruken av BIM i prosjektene. Entreprenøren må stille krav til prosjekterende om modellens grafiske oppbygging, mengden informasjon og tidspunkt for levering. Dette er nødvendig for å sikre at entreprenøren har en tilfredsillende modell å koble mot planen. Samtidig er rammene for prosjektene ofte bestemt av byggeherre. Det vil derfor forekomme prosjekter hvor tidsrammene er korte og prosjekteringen ikke får den tiden de trenger, som er spesielt vanlig i en totalentreprise. Det å ha klar en BIM modell til å planlegge framdriften ut fra vil i slike prosjekter være utfordrende, og vil mest sannsynlig ikke ha en høy prioritering. En av prosjektledernes bekymring er at et større fokus på BIM vil redusere kvaliteten på arbeidstegningene. Oppbyggingen og informasjonen som kreves i modellen vil for å lage en 4D modell vil ikke være med å sikre bedre arbeidstegninger, men heller fjerne mer av fokuset på detaljene. Dette fokuset vil være uheldig i prosjekter som er presset på tid og hvor prosjektering pågår parallellt med utførelse. Et par av informantene har påpekt at hvis prosjekteringen blir tatt igjen av utførelsen, stopper arbeidet på byggeplassen opp. Dette medfører forsinkelser i prosjektet og gjør det vanskelig å planlegge og koordinere videre arbeider, forde man mister rammene å jobbe etter. Når prosjektet ikke har noen definerte rammer blir det vanskelig å stille krav til gjennomføring av aktiviteter og utførende blir mindre lojale til prosjektet. 4D BIM vil derfor kreve mer ressurser fra prosjekterende og gjøre situasjonen mer presset for prosjekteringsgruppa. Et stort fokus på 4D BIM vil i slike prosjekter skape ytterligere forsinkelser. 4D BIM kan derfor antas å være mest nyttig i prosjekter med lengre tidsrammer, hvor mye av prosjekteringen er gjennomført før utførelsen starter. Da kan BIM modellen brukes til planlegging på et tidlig stadiet i prosjektet, og man vil kunne forbedre planen tidlig. Dette vil være mest hensiktsmessig på store, komplekse bygninger som trenger stor grad av prosjektering. Der vil det være vanskeligere å sikre at man har tatt hensyn til alle aspektene ved bygget i planen og det vil være mange aktører som vil kreve større behov for kooringering og større risiko for misforståelser.

## *Endringer*

I intervjuene beskriver flere av prosjektlederne nødvendigheten av å reflektere over avhengighetene fordi det kan skape store utfordringer ved endring av planen. Dette krever at man forstår hvordan oppgavene skal henge sammen og at man kan dataprogrammet som benyttes. Har man ikke kontroll på det kan det skape store utfordringer utover i prosjektet. En av prosjektlederne forklarer at han foretrekker å ikke benytte avhengigheter, for når endringer gjøres mister han kontroll på planen. Westhagen, et al. (1995) beskriver hvordan styring av prosjektet er en prosess der målene og planen må revurderes underveis med utgangspunkt i resultatet fra oppfølgingen. Dette beskriver også informantene som viktig ved at flere av informantene påpeker at planen er et levende dokument. Det vil si at de foretrekker at planen endres fortløpende for å at den til en hver tid skal være reel i forhold til gjennomføringen. På den måten har man hele tiden kontroll på at prosjektet er i rute slik at man når målene som er satt. En oppdatert plan er også viktig for at utførende skal oppleve den som troverdig og bruke planen. Det å benytte en plan med avhengigheter er viktig for å sikre at det er enkelt å gjøre endringer i planen. Flere av informantene framhever dette som viktig og mener at det er viktig at man har kontroll og kan det man gjør. Når det gjennomføres mange endringer underveis i prosjektet vil det være større risiko for at man mister kontrollen på oppgave og skaper konflikter. Visualisering av prosjektet kan være nyttig for å oppdage hvilke aktiviteter som er påvirket av endringer som er gjort i planen (Koo & Fischer, (1998)). Det at modellen oppfattes som lettere å forstå og gjøre det enklere å lese planen, vil også bidra til at det blir enklere å se når noe ikke stemmer ved byggeprosessen. Dette vil være mest hjelpsomt i en detaljert framdriftsplan, hvor det er flere avhengigheter og derfor større risiko for at ting kan komme i konflikt.

### 5.2.2 Presentasjonsverktøy

Gantt-diagram er et enkelt planleggingsverktøy, som gir et godt visuelt bilde (Kolltveit, et al., (2009)). Alle informantene beskriver Gantt-diagrammet som en oversiktlig og god metode for formidling av framdriften. De ser metoden som enkel å forstå, men flere av informantene påpeker at diagrammet blir vanskelig å lese hvis det blir for omfattende. Det er derfor viktig å reflektere over hvordan man formidler planen, og prøve å formidle litt av planen om gangen.

Informantene beskriver 4D modellen som at den gir et godt visuelt og konkret bilde av prosjektet. Noen av informantene beskriver metoden som lettere å lese enn et Gantt-diagram og at det derfor vil gi økt forståelse av framdriftsplanen. Det påpekes av flere at modellen gir et litt annet bilde av byggeprosessen, og at det gir mest informasjon når modellen ses sammen med Gantt-diagrammet. Det gis derfor uttrykk for at det er en nyttig tilleggsinformasjon til diagrammet. 4D planlegging handler i hovedsak om å koble en tidsplan til en 3D-modell for å oppnå forbedrede teknikker for planlegging av byggeprosessen. Dette gjør at 4D BIM i likhet med Gantt-diagrammet



kan regnes som et supplement til nettverksmetoden. Et supplement kan være nyttig fordi avanserte planleggingsmetoder kan gjøre det vanskelig for brukerne å medvirke til planleggingen og oppfatte hva som er relevant informasjon i de formelle planleggingsdokumentene (Kolltveit, et al., (2009)). Det å benytte Gantt-diagram eller 4D modell som et tillegg til nettverksmetoden kan derfor være nyttig for å forbedre brukernes forståelse.

#### *Utfordrende å lese omfattende framdriftsplaner*

Alle informantene bekrefter at de fra tidligere har god kjennskap til bruk av gantt-diagram til formidling av prosjektet. Dette gjør at alle har en forutsetning for å forstå diagrammet som benyttes. Samtidig er det første som markerer seg ved evaluering av metodene for formidling av framdriften er hvordan informantene oppfatter en ukjent plan og hvordan dette varierer blant informantene. Planen var presentert som et utsnitt av Gantt-diagrammet fra en hektisk periode i prosjektet. Framdriftsplanen var fremstilt på et A3 ark, noe som gjorde at skriften var liten, men fortsatt grei å lese. Hensikten med dette var å se hvordan informantene opplever planen og utfordringer knyttet til å forstå planen. Det var i alt 4 informanter som ikke hadde sett framdriftsplanen tidligere. Førsteintrykket til to av informantene var at et slikt diagram tar det lang tid å få en oversikt over. Det var ikke noe som de kan sette seg inn i under intervjuet. De to andre tar seg god tid til å studere planen og nevner ingenting om at de synes planen er utfordrende å forstå.

Grunnen til de forskjellige reaksjonene på diagrammet kan komme av informanten har forskjellige innstilling til intervjuet, ikke viste hvordan se skal angripe planen eller ikke har tillitt til den som har utarbeidet planen. Intervjuene var gjennomført i arbeidstiden til informantene. Hvor presset arbeidsdagen var kan ha hatt en påvirket på svarene informantene gir. Har det vært en travel arbeidsdag kan informanten være innstilt på at intervjuet skal gå fort og ikke vært interessert i å bruke tid på å sette seg inn i Gantt-diagrammet. De forskjellige reaksjoner kan også komme av at de ikke hadde noen retningslinjer for hva de skulle se etter i diagrammet. De informantene som ikke kommenterte planen som utfordrende, valgte å lese planen fra starten og fulgte rekkefølgene utover i prosjektet og kommenterte om de synes rekkefølgene så ut til å stemme. Det at informantene ikke hadde noe å se etter i planen, kan ha gjort at noen av de ikke visste hvor de skulle begynne. Informant 4 uttrykker det slik: «*Jeg vet egentlig ikke helt hva jeg skal se på*». De involverte i prosjektet vil ha et annet utgangspunkt. De er opptatt av sine oppgaver, og interessert i å se hvor disse opptrer i planen. Utfordringen blir da det å få de til å studere helheten i planen. For byggherre kan dette å vite hva man skal se etter være en utfordring. De vil være mer ute etter å se helheten i prosjektet, en å studere deler av planen. En tredje grunn kan være hvem framdriftsplanen er utviklet av. Tillitt mellom planlegger og bruker er viktig for god planlegging. Tilliten bygges gjennom brukerens opplevelse av planleggers kompetanse og om han kan kjenne seg igjen vedkommende (Kolltveit, et

al., (2009)). Informant 5 mener at det er avgjørende hvem som har laget planen, og forklarer at han stoler mer på en erfaren prosjektleder, enn en student. Hvis de ikke har oppfattet at planen er laget av prosjektlederen i prosjektet, kan det gjøre at de på forhånd vil ha gjort seg opp en mening om hvor god planen er. Det kan gjøre at de mister interessen for å studere planen. Disse punktene er med på presiserer hvordan forståelsen av diagrammet kan variere med personen som tolker. Det kommer ikke bare av kunnskap og erfaringer med metoden, men også med innstillingen til informantene.

#### *Hva er en god plan:*

Informant 4 mener at en god plan må kunne benyttes av alle prosjektdeltakerne. For å oppnå det mener han at man må velge å benytte en mindre detaljert og friere plan. Informant 1 mener at en detaljerte planer fort blir for urealistiske. Han mener derfor at en god plan er når man har større aktiviteter, noe som gir underentreprenørene et større spillerom. Dette ble bekreftet av begge byggeplasslederne som ønsket at planen ikke skulle være for detaljrik fra prosjektleder. De vil heller at den blir planlagt mer i detalj sammen med utførende. De mener at hvis planen for detaljert blir den uoversiktlig, og utfordrende å bruke til å styre etter. Informant 2 mener derimot at en god plan ikke må ha for store oppgaver. Blir oppgavene for store blir de vanskelige å styre etter. Med store oppgaver er det vanskelig å sikre at framdriften er god, når man ikke har kontrollpunkter underveis i aktiviteten. Weber (2005) beskriver en god plan som ved at den kan kommunisere framdriften effektivt, også uten tegninger. Hun påstår at detaljnivået i planen da må kunne endres slik at detaljnivået møter behovet til hver enkelt bruker av diagrammet. Hva informantene mener med en detaljert plan, er litt vanskelig å vite. Det er godt mulig at det en mener som detaljert er grovt for en annen, og at de derfor mener det samme. Samtidig viser det litt fokuset, og hvilke retning man ønsker å påvirke planen. Skal framdriftsplanen benyttes til å formidle prosjektets helhet, ser det ut til at det til å være lurt med en mindre detaljert plan. Da vil den holdes oversiktig, realistisk og avhengighetene vil være enkle å lese. Samtidig vil store oppgaver kreve at man har gjort seg en større forståelse av tegningene. En mer detaljert framdriftsplan vil gi tydeligere bilde av prosjektet, men det vil være fare for at den kan bli vanskelig å lese. Skal planen benyttes til å styre prosjektet virker flere av informantene til å være enig om at framdriftsplanen trenger å være detaljert. Spørsmålet er mer hvem som skal gå i detalj på planen. Informant 2 ønsker at han som prosjektleder skal ha en detaljert plan, slik at han kan bruke den til å styre etter. De to prosjektlederne som ikke ville ha en detaljert plan, er redd for at den detaljerte planen blir urealistisk og at underentreprenørene blir lite fleksible til avvik i planen. Vi har tidligere diskutert hvordan manglende forutsetninger for planleggingen skaper usikkerhet knyttet til å oppnå en reel plan. Det kan derfor se ut som at to av prosjektlederne syns det er luredt å akseptere usikkerhetene og derfor velge en

mindre detaljert plan. Dette vil forskyve avgjørelsene og fordele ansvaret videre til de som er utførende. Dette foretrekkes av byggelederne som er ansvarlige for den daglige koordineringsen av prosjektet. De vil da en plan som stiller tydelige krav til ferdigstilling av større oppgaver, men hvor de vil at detaljene skal planlegges med utførende.

### *Reduserer krav om kunnskap*

Informantene mener at en 4D modell gjør det enklere for brukerne å forstå prosjektet, som gjør at modellen kan være nyttig å benytte til formidling til brukere med mindre kunnskap og erfaring. Det kan være brukere som byggherre eller nye prosjektdeltakere. For at brukerne skal kunne skape seg et helhetlig bilde av prosjektet ved bruk av andre framdriftsplaner er de avhengige av å kunne lese og koble 2D tegninger (Koo & Fischer, (1998)). Vi har tidligere diskutert hvordan omfattende framdriftsplanen kan begrense muligheten brukeren har til å forstå prosjektet. Flere av informantene forklarer også at det krever erfaring å skape seg et godt bilde av prosjektet ut fra 2D tegningene. Koo & Fischer (1998) beskriver at en 4D modell vil kunne begrense mye av tolkingen og gi brukeren mulighet til å se framdriften og tegningene i sammenheng. Informant 1 forklarer at for planleggerne som har jobbet med å planlegge prosjektet over en lengre periode så kjenner man prosjektet godt og har lett for å forstå planen. Utfordringen blir da at det kan være vanskelig å se at andre ikke har samme forutsetningene for å forstå planen. Det oppstår derfor et skille mellom sender og mottaker. For å oppnå effektiv kommunikasjon må budskapet oppfattes av mottaker slik sender ønsker at det skal oppfattes (Jacobsen & Thorsvik, (2013)). Det fremhever hvorfor det er viktig at planlegger reflekterer over hvordan planen skal formidles. Det at framdriften formidles ved en 4D modell gir planleggeren mulighet til å redusere utfordringene ved dette skille, som vil gi brukeren større forutsetninger for å forstå planen. Samme om brukeren av planen har mye erfaring med å lese 2D tegninger eller ikke, er det ingen garanti for at brukeren tolker dokumentene rett. Tolkningen vil variere med den enkeltes erfaringer, kunnskap og perspektiver (Koo & Fischer, (1998)). Det at planen kan feiltolkes, kan skape misforståelser som kan få konsekvenser for utførelse. Alle informantene er enige om at planen blir tydeligere ved bruk av en 4D modell, noe som kan sikre at folk forstår prosjektet. Planen oppleves også som en god metode for å bidra til at prosjektdeltakerne forstår helheten av prosjektet. Dette var noe som opplevdes som vanskeligere ved et Gantt-diagram, fordi en omfattende plan var utfordrende å lese. For å bedre muligheten ved å forstå Gantt-diagrammet kan det være lurt å bruke store aktiviteter. En 4D modell trenger at framdriftsplanen er detaljert for å gi et tydelig bilde, som viser flyten i prosjektet. Modellen vil på den måten kunne gi en mer detaljert beskrivelse av prosjektet, for involverte som synes det er utfordrende med et omfattende diagram.

## *Motivere*

Hvem som skal lese planen er noe informant 4 er spesielt opptatt av. Han påstår at hvordan planen brukes er personavhengig. Han beskriver at noen velger å bruke planen aktivt og gjør seg godt kjent med den. Andre velger å jobbe ved siden av planen. Denne påstanden stemmer overens med hvordan førsteinntrykket til informantene opplevdes. Det kan se ut til at innstillingen påvirker hvordan man velger å lese planen. Noen er åpne og motivert, og tar seg tid til å sette seg inn i planen. Andre er mindre åpne og en omfattende plan kan da fort kreve mye av brukeren. Motiverte medarbeidere som kjenner sine roller, mål og oppgaver er den største forutsetningen for å lykkes med prosjektet (Kolltveit, et al., (2009)). For at medarbeiderne skal kjenne sine roller, mål og oppgaver er det viktig at disse blir formidlet på en enkel og tydelig måte i prosjektet.

Kommunikasjon er derfor en faktor for hvordan man lykkes. Jacobsen & Thorsvik(2013) beskriver kommunikasjon som den viktigste prosessen i organisasjoner. Dette begrunnes blant annet med at kommunikasjon er grunnlaget for koordinering av arbeidsoppgaver og funksjoner. I et prosjekt er framdriftsplanen et viktig dokument for å formidle de forskjellige medarbeidernes roller, hvilke oppgaver som de skal utføre, mål for når de skal være ferdige og hvordan dette henger sammen med prosjekt som helhet. Framdriftsplanen er derfor en viktig del av det å koordinere prosjektet og motivere medarbeidere. Det stilles derfor krav til planleggerens kommunikasjons- og samarbeidsevne, ved at planleggeren burde tenke nøye gjennom planens metode og detaljeringsgrad slik at planen presenteres på en forståelig måte (Kolltveit, et al., (2009)). Hvordan informasjon kommuniseres i et prosjekt er selvfølgelig personavhengig, men det er også viktig å reflektere over hvordan man velger å formidle denne informasjonen. Informant 5 beskriver det å jobbe på et prosjekt uten et mål som meningsløst. Forståelsen er derfor viktig, for å kunne motivere medarbeiderne. Informant 2 har også beskrevet hvordan han opplever at mangel på målsetting gjør involverte mindre lojale til planen. Vi har tidligere beskrevet hvordan planen leses forskjellig av brukerne. Hvis innstilling og motivasjon er en forutsetning for hvor nøye man velger å studere Gantt-diagrammet, kan det å formidle mål og oppgaver gjennom diagrammet for å motivere medarbeiderne ha liten hensikt. Den som ikke er motiverte på forhånd, vil kanskje heller ikke bli motivert av diagrammet.

Gjennom intervjuene blir det flere ganger trukket fram betydningen en 3D modell har for å gi de involverte en forståelse av prosjektet. Informant 1 beskrev hvordan han bruker perspektivbilder av bygget på byggeplassen for å synliggjøre for de involverte hva de jobber mot. Vi har tidligere diskutert rundt utfordringene knyttet til å lese 2D tegninger. Flere av informantene mener at det tar tid og krever erfaring for å kunne danne seg et helhetlig bilde av prosjektet ved bruk av 2D tegninger. Det at dette er en krevende prosess, gjør at det er hovedsakelig de som har jobbet med prosjektet

over en lengre tid eller er spesielt motiverte som får en helhetlig forståelse av prosjektet. Flere av informantene mener da at 3D bilder gjør det lettere å danne seg et helhetlig bilde, og lesing av tegningene blir enklere. En 4D modell gjør planen enklere å forstå og gir en større sikkerhet for at planen blir forstått. Ved at man kan framstille bilder av ønsket oppnådd utførelse av prosjektet til forskjellige tider, kan bildene brukes som en tydelig måte å framstille milepeler. Dette kan være et viktig virkemiddel for å få spredt målene ut til alle i prosjektet, og hjelpe slik at alle ser en større helhet en sitt eget arbeid. På den måten kan man motivere de utførende gjennom de forskjellige fasene av prosjektet. Ved at alle involverte har en forståelse av hvilke mål som skal være oppfylt for enhver tid av prosjektet, og at de alle bidrar til en helhet.

### *Medvirkning*

I intervjuene om bedriften beskriver flere av informantene at medvirkning fra underentreprenørene er viktig for å oppnå et godt samarbeid rundt prosjektet. Her fokuseres det på at det er viktig av entreprenørene ikke bare tenker sitt fag, men har prosjektet i sentrum og alle bidrar for å oppnå målet. Dette poengterer også hvorfor kommunikasjonen er viktig for å oppnå et vellykket prosjekt. Dette involverer også tilbakemelding fra utførende. Da er det viktig at prosjektet formidles på en måte som er lett forståelig, som gjør det enkelt å gi tilbakemeldinger. Et par av informantene har forklart hvordan de opplever at utførende hovedsakelig tenker sitt fag. En av informantene beskriver det som at mange utførende kun ser etter sine oppgaver når de studerer hovedplanen. Dette kan begrense utførende fra å se helheten i prosjektet.

Kolltveit et al. (2009) beskriver første del av det med å etablere en nettverksplan ved det at man må bestemme en kommunikasjonsfilosofi. Her er han opptatt av at det skal besluttes hvem planen skal presenteres for, hvilken form planen skal ha, hvor detaljert den skal være, og hvordan planen skal følges opp. I intervjuene kom det fram at det var noen avvik mellom hvordan planleggeren tenker og de som jobber med utførelse tenker. Byggeplasslederene er mest opptatt av datoene. Dette kommer at et de skal følge opp framdriften og passe på et det er drift på byggeplassen ønsker å ha noen datoer som kan sette noen rammer å styre etter. Dette gir utførende mulighet til å planlegge og gir et utgangspunkt for dialog med utførende for å sikre framdrift og unngå forsinkelser. Prosjektlederene var mer opptatt av at rekkefølgene, en de eksakte datoene. De er opptatt av at de utførende skal forstå helheten og sammenhengen i planen, samt konsekvensen av forsinkelser. De mener også at planen må brukes som et hjelpemiddel for avklare hvilke fag som forsinkes de andre fagene. For å kunne kommunisere framdriftsplanen effektivt krever det at aktiviteter grupperes i undergrupper slik at detaljnivået til diagrammet kan endres til å møte behovet til hver enkelt bruker (Weber, (2005)). Her fokuserer hun på at man må tilpasse visningen til de som

skal utføre planen, og at det derfor er nødvendig å ha flere måter å kunne framstille gjennomføringen på slik at brukeren oppfatter informasjonen slik det er tenkt.

Prosjektledere er opptatt av at brukerne skal forstå helheten av prosjektet og sammenhengene mellom fagene. Vi har tidligere belyst hvordan informantene ser på store framdriftsplaner presentert i Gantt-diagram som er utfordrende å lese og den beste måten å presentere det på er ved bruk av gjennomtenkte utsnitt av diagrammet. Utsnittene vil ha sin begrensning i forhold til å presentere hele prosjektet og vil derfor ikke oppfordre til å forstå helheten. Avanserte planleggingsverktøy og detaljerte planer kan gjøre det vanskelig for brukerne å medvirke i planen (Kolltveit, et al., (2009)). Diagrammet presenterer alle aktivitetene, varigheter og hvordan de skal gjennomføres i forhold til hverandre, men hvis utførende kun er opptatt av å finne sine oppgaver og frister er diagrammet begrenset i forhold til å vise forholdene mellom fagene. En 4D modell gjør det enklere å forstå logikken bak hvorfor rekkefølgene er som de er (Koo & Fischer, (1998)). Flere av prosjektlederne tror at en 4D modell gjør det lettere for brukeren å forstå hva de holder på med og hvorfor planen er som den er. Et par av informantene mener at en bedre forståelse av prosjektet, vil gjøre det enklere for de utførende å se oppgavene til de andre fagene. Eastman, et al. (2011) beskriver en 4D modell som et nyttig verktøy for å presentere prosjektet. Det at prosjektet presenteres på en visuel måte, gir det en større mulighet for brukerne å gi tilbakemelding på gjennomføringen.

De utførende er mest opptatt av at planen skal formidle viktige tidspunkter. 4D- modellen fremhever fokuset på rekkefølger og gjennomføring av prosjektet som helhet, men modellen tar vekk fokuset fra Gantt-diagrammet og informasjonen om startdatoer og varigheter. Kun ut fra modellen er det vanskelig å lese informasjon om starttidspunkter. Man ser at aktiviteter starter og slutter i forhold til hverandre og kan lese ut datoer ved å markere et objekt, men tidspunktene blir mer tydelig på en tidslinje i Gantt-diagrammet. Varighetene blir også mer konkrete når man kan sammenligne linjer i diagrammer, enn med en 4D modell hvor varighetene mer oppfattes i forhold til hverandre. Gantt-diagrammet vil derfor være mer egnet til å styre etter i et prosjekt, men 4D modellen vil forenkle bruken av det.

## 6 Konklusjon

I denne studien har formålet vært å beskrive utfordringer knyttet til å ta i bruk 4D BIM hos mindre entreprenører, og se nærmere på hvilke mulige gevinster en 4D modell kan gi en mindre entreprenør. Dette har vi forsøkt å belyse gjennom innsamling av informasjon ved bruk av intervjuer av informanter i bedriften Masiv Bygg, en utførende studie hvor vi har ser på muligheten for å modellere en 4D modell for prosjektet 40Femti og intervjuer av prosjektdeltakere om potensialet til en 4D modell. Ved bruk av dataen samlet inn i casen, blir det forsøkt å besvare problemstillingen:

«Hvilke mulige gevinster kan man oppnå ved bruk av 4D BIM hos en mindre entreprenør?»

Resultatet viser at det er fullt mulig for bedriften å benytte BIM-modellene i prosjektene til å framstille 4D modeller. For en bedrift med begrensede ressurser knyttet til planlegging og oppfølging er det viktig at modellen kan framstilles på en mest mulig effektiv måte. Da er det viktig at modellen planlegges med tanke på å tilfredsstille noen kriterier, slik at koblingsprosessen kan standardiseres:

1. Objektene i modellen må være oppdelt per etasje, evt. slik de skal produseres/monteres for bygningselementer som beveger seg over flere etasjer. Slik vil man spare tid, ved at man slipper å dele opp objekter.
2. Entreprenøren må sikre at modellene blir levert med en fullstendig struktur som gir en systematisk hierarkisk organisering av objektene etter plassering, slik at objektene er enkle å finne i modellen.
3. Objektene må tilegnes informasjon som beskriver elementtype, elementets plassering i etasje eller definert område, og hvilken modell den tilhører.

Følges disse kriteriene, og det bestemmes en standard for hvilken informasjon objektene skal tilegnes for å kunne automatisk kobles mot framdriften, vil man ved noen generelle regler effektivt kunne koble modellen. Planlegger kan da fokusere på å forbedre framdriftsplanen med tanke på de delene av modellen som ikke er generelle.

Vi har kommet fram til at 4D modellen vil kunne gi mindre entreprenører gevinster som:

1. **Sikre at hele bygget er tatt hensyn til i planleggingsprosessen**, ved at koblingen vil vise om framdriftsplanen er realistisk i forhold til om alle objektene er inkludert i planen
2. **Visualisere om det oppstår tid-rom konflikter mellom fag**, slik kan planlegger forbedre planen for å prøve å unngå at konflikter skaper forsinkelser.
3. **Hjelpe planlegger å holde kontroll over endringer**, slik at planlegger kan sikre seg mot at endringer vil skape konflikter mellom oppgaver som følge av manglende kontroll på avhengigheter.

Informantene mener at 4D modellen vil kunne gi brukerne en bedre forståelse av planen, en hva et Gantt-diagram kan oppnå. Det avhenger samtidig at 4D modellen ses i sammenheng med Gantt-diagrammet. En bedret forståelse vil kunne gi mulige gevinster som:

1. **Bedre forståelse av omfattende framdriftsplaner**, som vil gjøre det lettere for de involverte i prosjektet en bedre forståelse av hoved-framdriftsplanen.
2. **Bedre formidling til brukere med lite kunnskap og erfaring**, ved at framdriftsplanen blir formidlet på en konkret måte som er enklere å forstå en å måtte tolke Gantt-diagrammer og tegningene til bygget.
3. **Forbedre kommunikasjonen**, ved at 4D modellen viser byggingen av bygget vil det sikre at framdriften blir forstått, og ha potensialet til å begrense eller rette opp misforståelser mellom prosjektdeltakerne
4. **Motivere prosjektdeltakere**, ved at de får en forståelse av helheten av prosjektet, og ved å visualisere mål vil prosjektdeltakerne kunne se målsettingen tydeligere og ha en større forståelse av bidraget sitt til prosjektet som helhet.
5. **Åpne for bedre medvirkning fra prosjektdeltakere**, ved at planen er enklere å forstå og deltakerne får sett sitt eget fag sine oppgaver i en større sammenheng.

Ved å i tillegg prioritere en modell for anleggsområdet ville entreprenøren ha mulighet til å oppnå gevinster som følge av å kunne planlegge bruk av byggeplassen, for å kunne optimalisere logistikk og tidspunkt for leveranser.

Det kommer også tydelig fram at gevinsten begrenses av brukernes datakompetanse, noe som gjør at 4D BIM er utfordrende å benytte for alle i prosjektet. Det vil derfor kreve en innarbeiding av metoden hos entreprenøren før man vil kunne oppnå fullt utbytte av gevinstene. Det vil være krevende å gjøre alle prosjektdeltakerne trygge på dataverktøyet, noe som gjør at 4D modellen i første omgang vil være best egnet for presentasjon på møter under prosjektet.



For å være konkurransedyktige velger entreprenøren å fokusere på å være en liten, enkel og fleksibel bedrift. Det vil kreve mye ressurser for å etablere ansatte med kompetanse på området, det må prioriteres tid og ressurser for å kunne oppnå gevinster ved bruk av 4D BIM. Det må i tillegg legges føringer for hvordan de ansatte i bedriften skal drive framdriftsplanlegging, og hvordan BIM-samarbeidet skal være for å sikre en effektiv bruk av 4D BIM. Dette vil gå ut over de ansattes frihet og fleksibilitet i måten prosjektstyringen gjennomføres.

Det er kommet fram til er at entreprenøren har mulighet til å oppnå flere mulige gevinster ved å ta i bruk 4D BIM i sine prosjekter. Dette er gevinster som å sikre at hele bygget er tatt hensyn til i planleggingsprosessen, visualisere om det oppstår tid-rom konflikter mellom fag og hjelpe planlegger å holde kontroll over endringer. 4D modellen vil i tillegg kunne gi mulige gevinster som bedre forståelse av omfattende framdriftsplaner, bedre formidling til brukere med lite kunnskap og erfaring, forbedre kommunikasjonen, motivere og åpne for bedre medvirkning fra prosjektdeltakere. For å oppnå disse gevinstene er det anbefalt at entreprenøren inngår et tettere samarbeid med prosjekterende, hvor de blant annet stiller krav til objektstørrelser, struktur og informasjon i modellen. 4D BIM vil være et nyttig hjelpemiddel for prosjektlederen til planlegging og formidling av gjennomføringen av prosjektene, men stort fokus på dette vil kunne begrense prosjektlederens frihet og fleksibilitet på hvordan framdriftsplanleggingen skal gjennomføres.

## 7 Videre arbeid

Det var ønskelig å teste ut produktet i en realistisk møtesituasjon i prosjektet, men på grunn av at prosjektet var i en startfase var ikke dette praktisk mulig. Det som kan være interessant å se på er hvordan modellen kan brukes til å forbedre formidlingen av framdriften og diskusjon mellom de forskjellige underentreprenørene i forbindelse med utførelse. Vi det gi de involverte en bedre forståelse av helheten av prosjektet, redusere misforståelser og gjøre det lettere å forstå arbeidsoppgavene til de andre fagene.

Videre kan det være aktuelt å se på hvordan datakompetanse begrenser bruken av digitale hjelpemiddel på byggeplassen, og hvordan dette kan forbedres for å lettere kunne ta i bruk hjelpemiddel som kan øke effektiviteten og forbedre oppfølgingen av prosjektet. Er det måter som 4D modellen kan presenteres på som har et bedre grensesnitt og større brukervennlighet enn ved dataprogrammet som modellen planlegges i.

Entreprenøren i casen ser liten verdi i å satse på samarbeid rundt BIM i sine prosjekter. Det kunne være aktuelt å undersøke hvilke holdninger entreprenører har til bruk av BIM, hvordan dette varierer etter størrelsen på entreprenøren, og eventuelt hvilke holdninger som begrenser entreprenørene fra å oppnå et utbytte. På denne måten kan man prøve å belyse hvilke holdningsendringer som er nødvendig, og områder det kan være aktuelt å satse på for entreprenører.

## 8 Kilder

Beard, (2015). *beardconstruction.co.uk*. [Internett]

Available at: <http://www.beardconstruction.co.uk/how-can-small-and-medium-sized-enterprises-smes-make-the-most-of-bim/>

[Funnet 9 Mars 2017].

buildingSMART International, (2014). *https://buildingsmart.no/bs-international*. [Internett]

Available at: <https://buildingsmart.no/bs-international>

[Funnet 9 Mars 2017].

Byggeindustrien, (2016). *bygg.no*. [Internett]

Available at: <http://www.bygg.no/100-storste>

[Funnet 6 April 2017].

Chau, K. W., Anson, M. & Zhang, J. P., (2002). Implementation of visualization as planning and scheduling tool in construction. *Building and Environment* 38, 9 December, pp. 713-719.

Consigli AS, (2012). *Bruk av BIM til fremdrift og ressursstyring (4D)*, s.l.: buildingSMART Norge.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K., (2011). *BIM Handbook, A guide to building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. 2 red. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, inc..

Gardiner, P., (2005). *Project Management; A strategic planning approach*. 1 red. New York: Palgrave Macmillan.

Geldson, B. J. & Greenwood, D. J., (2016). Surveying the extent and use of 4D BIM in the UK. *Journal of Information Technology in Construction*, Mai, pp. 57-71.

Jacobsen, D. I. & Thorsvik, J., (2013). *Hvordan organisasjoner fungerer*. 4 red. Bergen: Fagbokforlaget.

Johannesen, A., Christoffersen, L. & Tuftes, P. A., (2011). *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag*. s.l.: Abstrakt forlag.

Kolltveit, B. J., Lereim, J. & Reve, T., (2009). *Prosjekt - strategi, organisering, ledelse og gjennomføring*. 3. Utgave red. Oslo: Universitetsforlaget.

Koo, B. & Fischer, M., (1998). *Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction*, Stanford: Center for Integrated Facility Engineering.

National Building Specification for UK, (2014). *thenbs.com*. [Internett]

Available at: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>

[Funnet 9 Mars 2017].

Rolstadås, A., Olsson, N., Johansen, A. & Langlo, J. A., (2014). *Praktisk prosjektledelse; Fra ide til gevinst*. Bergen: Vigmostad og Bjørke AS.

Synchro Ltd, (2017). *Synchro Academy*. [Internett]

Available at: <http://synchro.theacademyonline.com/pages/view/83/2>

[Funnet 9 Februar 2017].

Weber, S. C., (2005). *Scheduling Constructio Projects; Prinsiples and practices*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc.

Westhagen, H. et al., (1995). *Prosjektarbeid; Utvikling og endringskompetanse*. 4 red. Oslo: Universitetsforlaget.

## 9 Vedlegg

### Vedlegg 1 Intervjuguide 1 – Intervju om bedriften

#### 1. Hvem er informanten?

- Hva jobber du med?
- Hva slags type arbeidsoppgaver innebærer det?
- Hvilken utdanning har du?
- Hvor mange års erfaring har du i yrket ditt?

#### 2. Hvordan er Masiv Bygg organisert for å oppnå gode prosjekter?

- Hva er viktige tiltak Masiv Bygg gjør for å sikre riktig kompetanse?
- Beskriv Masiv Bygg som bedrift?
- Beskriv noen typiske prosjekter Masiv Bygg jobber med?
- Hvordan organiseres prosjektene?
- Hva har Masiv Bygg ansvar for i prosjektet?
- Innen hvilke områder mener du at Masiv Bygg skiller seg ut i forhold til tilsvarende bedrifter?

#### 3. Hvilke rutiner har Masiv Bygg for å oppnå god styring av prosjekter?

- Hvilke mål er naturlig å sette for prosjektet?
- Hvordan tar dere beslutninger i prosjektet?
- Hvem har ansvar for planlegging av prosjektet?
- Hvem har ansvar for oppfølging av prosjektet?
- Hvordan kartlegges avvik i Masiv Bygg?
- Grader disse styringsfaktorene etter hvor avgjørende de er for at prosjektet skal lykkes:
  - Kvalitet
  - Framdrift
  - Ressursbruk
  - Økonomi
  - HMS

#### 4. Hvilke rutiner har Masiv Bygg for å oppnå god framdriftsplanlegging?

- Hvordan planlegges framdriften til et prosjekt?
- Hva mener du er viktig at en framdriftsplan formidler?
- Hvordan bestemmes oppgavene som skal gjennomføres i prosjektet?
- Hvordan bestemmes de forskjellige aktivitetenes tidsbruk?
- Hvor viktig mener du at rekkefølgen på oppgavene er?
- Hvordan formidles den planlagte framdriften?
- Hvilke rutiner har Masiv Bygg for oppfølging av framdrift?
- Hva mener du er utfordrende med framdriftsplanlegging?
- Hvor viktig mener du at god framdriftsplanlegging er for å lykkes med prosjektet?
- Hvor viktig mener du at medvirkning er for å oppnå en god plan?
- Hvor viktig mener du at en god kommunikasjon av framdrift er for å lykkes med prosjektet?

**5. Hvilke rutiner har Masiv Bygg for planlegging av ressurser?**

- Bestemmes nødvendige ressurser for de forskjellige oppgavene, som en del av planleggingsprosessen?
- Tilpasses framdriftsplanen beregnet ressursbruk?
- Hvor viktig mener du selv at kontroll på ressurser er for å lykke med prosjektet?

**6. Hvordan benyttes BIM i Masiv Bygg sine prosjekter?**

- Har Masiv Bygg rutiner for bruk av BIM i sine prosjekter?
- Stilles det krav til at prosjekterende skal levere BIM?
- Stilles det krav til kvaliteten på BIM modellen?
- Hvilke erfaringer har du med bruk av BIM?
- Hvilke områder ser du for deg at dere kan forbedre bruken av BIM?

## Vedlegg 2 Intervjuguide 2 – Intervju om 4D modellen

### Om informanten:

*Målet er å kartlegge bakgrunnen til informanten.*

### Spørsmål:

- Hva jobber du med?
- Hvilken utdanning har du?
- Hva er alderen din?
- Hvor mange års erfaring har du i yrket?

### Oppfatning av Gantt-diagrammet:

*I denne delen av intervjuet vil informanten blir presentert for Gantt-diagrammet som benyttes til å følge opp prosjektet 40Femti. Diagrammet er utviklet etter nettverkmetoden, og viser prosessene i prosjektet. Vi har her tatt et utdrag fra den travleste perioden av prosjektet, for å høre hvordan informantene synes informasjonen er å lese.*

### Spørsmål:

- Hva er inntrykket ditt av denne måten å formidle gjennomføringen av prosjektet?
- Har du erfaringer med denne metoden?
- Hva tenker du er viktig at en slik plan viser?
- Kan du nevne flere ting planen viser?
- Hva tenker du er bra med denne måten å formidle framdriften på?
- Hva tenker du er utfordrende med denne måten å formidle framdriften på?
- Tenker du planen gir deg et bra bilde av prosjektet?
- Hvis jeg hadde gjort noen endringer, som å fjerne en aktivitet eller flytte en aktivitet, ville du lagt merke til det?
- Hvis det er utfordringer og feil ved planen som gjør gjennomføringen vanskelig, ville du lagt merke til det?
- Hvordan ville du gitt tilbakemelding på utfordringer og feil ved planen?

## **Oppfatning av 4D planlegging:**

*I denne delen av intervjuet vil informanten bli presenter for måter å presentere modellen. Først vil informanten gjøre seg kjent med måten å vise aktivitetene på gjennom å se 4 øyeblikksbilder av modellen, sammen med diagrammet. Så vil informanten bli vist en animasjon som viser prosessen og til slutt vil informanten bli presentert for modellen og muligheten man har til å se sammenhengen mellom objektet og planen.*

*Presentasjon av modellen:*

- *Beskriv hvordan brukeren skal lese skjermene*
- *Beskriv prosessen med at hver aktivitet er koblet til objekter.*
- *Beskriv hvordan aktiviteten vises med farger når den gjennomføres.*
- *Vis hvordan man kan finne informasjon om aktiviteten gjennom objektet og objekter gjennom aktiviteten, og bruk av informasjonsballongen.*
- *Forklar bruksområder for modellen:*
  - o *Evaluering av gjennomførbarhet av modellen*
  - o *Evaluering av gjennomførbarheten til planen*
  - o *Kommunisere planen for prosjektet*
  - o *Analyse av tid-rom konflikter, sikkerhet og leveranser*
- *Forklar planleggingsmulighetene til programmet*
  - o *Programmet kan benyttes til planlegging og oppfølging i likhet med MS Project*
  - o *Programmet gir mulighet til å importere og oppdatere planer fra andre programmer, slik som benyttet til denne modellen*
  - o *Programmet gir mulighet til å planlegge framdriften med utgangspunkt i modellen*

## **Spørsmål:**

- **Hva er inntrykket ditt av denne måten å formidle gjennomføringen av prosjektet?**
- **Har du erfaringer med denne metoden?**
- **Hva tenker du er viktig at en slik modell formidler?**
- **Kan du nevne flere ting modellen viser?**
- **Hva tenker du er bra med denne måten å formidle framdriften på?**
- **Hva tenker du er utfordrende med denne måten å formidle framdriften på?**
- **Tenker du modellen gir deg et bra bilde av prosjektet?**
- **Hvis jeg hadde gjort noen endringer, som å fjerne en aktivitet eller flytte en aktivitet, ville du lagt merke til det?**
- **Hvis det er utfordringer og feil ved planen som gjør gjennomføringen vanskelig, ville du lagt merke til det?**
- **Hvordan ville du gitt tilbakemelding på utfordringer og feil ved planen?**



## Vedlegg 3 Spørreskjema om 4D BIM

**Ved å benytte en 4D modell til planleggingen og gjennomføringen av byggeprosjekter, hvordan stiller du deg til disse påstandene?**

- 1. Ved at planlegger må modellere modellen, vil problemer ved gjennomføringen av prosjektet bli oppdaget på et tidligere tidspunkt?**
  - Mye tidligere
  - Litt tidligere
  - Ikke tidligere
  - Seinere
  - Oppstår sjeldent problemer knyttet til gjennomføring
  - Vet ikke
  
- 2. Ved at planlegger må modellere modellen, ville du følt deg tryggere på at planen er gjennomførbar?**
  - Mye tryggere
  - Litt tryggere
  - Ikke tryggere
  - Mer utrygg
  - Vet ikke
  
- 3. Ved at planlegger må modellere modellen, vil omfanget av arbeidsoppgavene bli definert bedre**
  - Mye bedre
  - Litt bedre
  - Ikke bedre
  - Fornøyd med slik det er
  - Vet ikke

- 4. Bruk av en 4D modell vil sikre at færre av de som skal følge framdriftsplanen vil tolke planen feil.**
- Mange færre
  - Noen færre
  - Ingen færre
  - Skape økt feiltolkning
  - Oppstår sjeldent misforståelser
  - Vet ikke
- 5. Bruk av 4D modell vil gi et bedre utgangspunkt for dialog rundt gjennomføring av prosjektet**
- I de fleste situasjoner
  - I noen situasjoner
  - I ingen situasjoner
  - Opplevs ikke som et problem
  - Vet ikke
- 6. Bruk av 4D modell vil gjøre det enklere å se konsekvensene av endringer i framdriften**
- Mye enklere
  - Litt enklere
  - Like enkelt
  - Mer utfordrende
  - Er sjeldent et problem
  - Vet ikke
- 7. Bruk av 4D modellen vil gjøre det enklere å oppdage utfordringer i planer, som følge av at to aktiviteter skal gjennomføres på samme sted til samme tid.**
- Mye enklere
  - Litt enklere
  - Like enkelt
  - Mer utfordrende
  - Er sjeldent et problem
  - Vet ikke

**8. Bruk av modellen vil gjøre det enklere å formidle til arkitekt og rådgivende ingeniør hvordan designet av bygget påvirker gjennomføringen.**

- Mye enklere
- Litt enklere
- Like enkelt
- Mer utfordrende
- Er sjeldent et problem
- Vet ikke

**9. Bruk av en 4D modell vil gjøre det enklere å planlegge når og hvordan leveranser skal gjennomføres**

- Mye enklere
- Litt enklere
- Like enkelt
- Mer utfordrende
- Er sjeldent et problem
- Vet ikke

**10. Bruk av en 4D modell vil gjøre det enklere for byggherre og andre interessenter å gi tilbakemelding på gjennomføringen av prosjektet**

- Mye enklere
- Litt enklere
- Like enkelt
- Mer utfordrende
- Er sjeldent et problem
- Vet ikke

**11. Bruk av 4D modell vil gjøre det enklere å se hvilke tiltak som må gjøres på byggeplass for å redusere risikoen for at ulykker skjer.**

- Mye enklere
- Litt enklere
- Like enkelt
- Mer utfordrende
- Er sjeldent et problem
- Vet ikke

**12. Bruk av 4D modell vil gjøre det enklere å holde kontroll på hvor mye av planen som er gjennomført**

- Mye enklere
- Litt enklere
- Like enkelt
- Mer utfordrende
- Er sjeldent et problem
- Vet ikke

**13. Ved å holde modellen oppdatert med informasjon om byggeaktiviteten, ville modellen vært nyttig hjelpemiddel for å kommunisere byggeaktivitet til prosjektleder og prosjekterende.**

- Veldig nyttig
- Litt nyttig
- Unyttig
- Forstår ikke problematikken
- Vet ikke

**Hvilke hjelpemiddel ville du foretrukket i disse situasjonene:**

**14. Til planlegging av framdrift**

- Nettverksmetoden (Kritisk vei)
- 4D planlegging
- Kombinasjon
- Annet: \_\_\_\_\_

**15. Til oppfølging av framdriften**

- Gantt diagram
- 4D modell
- Kombinasjon
- Annet:\_\_\_\_\_

**16. Til formidling av framdrift til utførende**

- Gantt diagram
- 4D modell
- Kombinasjon
- Annet:\_\_\_\_\_

**17. Til formidling av gjennomføring og tidspunkt for leveranser**

- Gantt diagram
- 4D modell
- Kombinasjon
- Annet:\_\_\_\_\_

**18. Til formidling av tidspunkt for levering av tegninger**

- Gantt diagram
- 4D modell
- Kombinasjon
- Annet:\_\_\_\_\_

**19. Til formidling av gjennomføring til byggherre og andre interessenter**

- Gantt diagram
- 4D modell
- Kombinasjon
- Annet:\_\_\_\_\_







Norges miljø- og biovitenskapelig universitet  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway