

BIM 4D – Prosjektstyring og Visualisering

Ved prosjektet Østensjøveien 16

—
Trym Håvard Bogen

Masteroppgave i integrert bygningsteknologi. Mai.2018

Oppgavens tittel: BIM 4D – Prosjektstyring og visualisering BIM 4D – Project management and visualization	Dato: 15.mai 2018		
	Antall sider (inkl. Vedlegg): 98		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Trym Håvard Bogen			
Faglærer/veileder: Tor Kildal, UiT Narvik			
Ekstern veileder: Morten Wang Kingell, BetonmastHæhre Romerike AS			

Ekstrakt:

Oppgaven beskriver bygningsinformasjonsmodellering med fokus på den fjerde dimensjonen ved hjelp av et spesifikt programvareverktøy. Herunder presenteres hvilke muligheter og utfordringer som følger ved bruken av den fjerde dimensjonen under et pågående prosjekt, samt forslag til hvordan dette kan formidles på byggeplass. I litteraturstudiet beskrives grunnleggende teori for både prosjektplanlegging, prosjektstyring og bygningsinformasjonsmodellering, mens det i hoveddelen beskrives fremgangsmåte og funn fra bruken av et 4D-verktøy.

For prosjektplanlegging i BetonmastHæhre Romerike foreligger det rutiner i det interne styringssystemet som legger til grunn aktivitetbaserte planleggingsmetoder med visuell fremvisning i Gantt-diagram. Videre foreligger det forskjellige plannivåer som alle har krav til innhold og grad av detalj. Disse planene utarbeides hensiktsmessig etter gitte tidsperioder og utarbeides i Excel eller MS-Project. Det er under utarbeidelsen av disse planene en BIM 4D-modell kan gi et umiddelbart utbytte i form av visualisering av fremdriften.

Den fjerde dimensjonen er kompleks og utfordrende. Den krever kompetanse og forståelse. Men de mange positive effektene ved denne dimensjonen bør utforskes videre. Det anbefales at BetonmastHæhre forsetter å undersøke effektene av den fjerde dimensjonen internt, slik at den en dag kan implementeres for fullt. Men før en beslutning tas, bør det kun foreligge en programvare for alle BIM-prosessene.

Stikkord:

1. BIM
2. 4D
3. Prosjektstyring
4. Prosjektplanlegging
5. Synchro Software

Oppgavetekst

Oppgaveteksten for denne masteroppgaven ligger i sin helhet som **vedlegg A1**.

Forord

Denne masteroppgaven er et resultat av det avsluttende arbeidet på et 2-årig masterstudium ved Institutt for bygg, energi og materialteknologi ved Fakultetet for ingeniørvitenskap og teknologi, ved Norges Arktiske Universitet, UIT, studiested Narvik. Oppgaven utgjør 30 studiepoeng og er utarbeidet våren 2018.

Masteroppgaven tar for seg bruken av BIM 4D ved fremdriftsplanlegging og fremdriftsstyring, og er utført i samarbeid med BetonmastHæhre Romerike. Digitaliseringen av byggeprosjekter gjennom visualisering og planlegging, er noe jeg har vært nysgjerrig på helt siden jeg ble introdusert for det. Metoden og de verktøy som følger med byr på mange forskjellige utfordringer, men har samtidig et stort potensiale for alle involverte parter. I denne oppgaven var det særlig de utfordringer samt fordeler ved bruken av BIM i den daglige driften av et prosjekt som ble synlige. I denne oppgaven er fokuset lagt til hvordan et BIM 4D-verktøy fungerer, hvordan det kan nyttiggjøres og hvordan det kan være nyttig for BetonmastHæhre Romerike fremover.

Gjennom dette arbeidet har jeg fått bedre innsikt i den praktiske bruken av BIM, men også generelle utfordringer ved planlegging av fremdrift og styring av fremdrift. Oppgaven har også gitt meg innsikt i de mange forskjellige aktørene et prosjekt er avhengig av, og da særlig i forbindelse med et produktivt og effektiv BIM-bruk.

Jeg ønsker å rette en stor takk til min eksterne veileder, Morten Wang Kingell i BetonmastHæhre Romerike, som har hjulpet meg underveis med både faglige og tekniske utfordringer, prosjektgruppen ved prosjektet Østensjøveien 16 samt faglærer og veileder ved UIT, Tor Kildal.

Til slutt vil jeg takke Stein Erik Pedersen og Svein Rennan i BetonmastHæhre Romerike som har stilt med lokale og nødvendig utstyr for gjennomføringen av denne masteroppgaven.

Oslo 15.mai 2018



Trym Håvard Bogen

Sammendrag

Det har i løpet av de siste årene blitt vektlagt et større fokus på bruken av bygningsinformasjonsmodeller (BIM) i byggebransjen. I større grad utarbeides det egne BIM-manualer og det ansettes egne BIM-koordinatorer og BIM-sjefer. De vanligste bruksområdene har vært funksjoner som kollisjonskontroll, mengdeuttak og visualisering, også kjent som BIM 3D. Det har også blitt satset i stor grad på formidlingen av BIM på byggeplass, og da i form av BIM-kiosker og modellfremvisning på telefon og nettbrett. På bakgrunn av dette er det av interesse å utforske hvilke andre muligheter og utfordringer andre BIM-dimensjoner vil by på for et stort entreprenørselskap, og da med fokus på den fjerde dimensjonen. Dette er dimensjonen som kobler tid og modell sammen, med fokus på fremdriftsplanlegging, fremdriftsvisualisering og fremdriftsstyring.

I denne masteroppgaven er det samarbeidet med BetonmastHæhre Romerike, som i dag bruker BIM aktivt på de fleste av sine prosjekter. Det å utforske flere av mulighetene og utfordringene BIM byr på er et naturlig steg videre i deres BIM-bruk, som i dag hovedsakelig er kollisjonskontroll, mengdeuttak og visualisering.

Dette innebærer implementeringen av BIM 4D som omhandler koblingen av modell til tid. Dette betyr at 3D-objektene i BIM-modellen blir koblet sammen med aktivitetene i fremdriftsplanen.

Hovedmålet med denne masteroppgaven er å undersøke hvordan BetonmastHæhre Romerike kan nyttiggjøre et slikt verktøy, og hvordan dette kan formidles ute på byggeplassen. Dette innebærer å aktivt teste ut en programvare som muliggjør BIM 4D på et pågående prosjekt. Samtidig må de eksisterende planleggings- og styringsrutinene redegjøres for, slik det kan avdekkes hvordan et 4D-verktøy kan implementeres. I tillegg til dette må det innhentes eksisterende informasjon og erfaringer for sammenligning. Metoder benyttet for datainnsamling i oppgaven er litteraturstudie, intervju, feltsamtaler og casestudie. Ved å benytte disse metodene har det vært mulig å kartlegge muligheter og utfordringer samt å teste ut et 4D-verktøy i en reell fremdrift.

Denne masteroppgaven beskriver tradisjonelle fremgangsmåter og verktøy for prosjektplanlegging, prosjektstyring samt BIM og BIM 4D. Herunder presenteres også de forskjellige dimensjonene i BIM, som beskrives i litteraturstudiet. De teoretiske og praktiske arbeidsprosessene i BetonmastHæhre Romerike ble innhentet fra det interne styringssystemet og ved hjelp av intervjuer og feltsamtaler. Selve uttestingen av 4D-verktøyet ble gjort på et pågående prosjekt i regi av BetonmastHæhre Romerike.

For prosjektplanlegging i BetonmastHæhre Romerike foreligger det rutiner i det interne styringssystemet som legger til grunn aktivitetbaserte planleggingsmetoder med visuell fremvisning i Gantt-diagram. Videre foreligger det forskjellige plannivåer som alle har krav til innhold og grad av detalj. Disse planene utarbeides hensiktsmessig etter gitte tidsperioder og utarbeides i Excel eller MS-Project. Det er under utarbeidelsen av disse planene en BIM 4D-modell kan gi et umiddelbart utbytte i form av visualisering av fremdriften.

Casestudiet avdekket at BIM-grunnlaget på prosjektet var godt egnet for kollisjonskontroll, mengdeuttak og visualisering. Men for å utnytte BIM 4D bør flere punkter bli tatt i betraktning. Det første er kanskje det mest avgjørende for sammensettingen av en fungerende 4D-modell. Det må avgjøres hvilken grad av detalj modellene fra de

prosjekterende skal ha med hensyn til fremdriftsplanen. Dette krever også at planlegger må utarbeide en tydelig og detaljert fremdriftsplan. Dette vil gjøre sammenkoblingen av modell og fremdriftsplan enklere, mer reell og i så måte gjøre 4D-modellen mer verdifull og nyttig. Dette krever at det avgjøres hvilket 4D-verktøy som skal brukes, og vil kreve opplæring både internt og eksternt, samt en klar ansvarsmatrise over oppdateringer og oppfølging av 4D-modellen. Det er viktig at alle aktørene, eksternt og internt, forstår arbeidsmetoden og målene med den. Det er derfor anbefalt å prøve ut et 4D-verktøy på et lite prosjekt i starten.

Fra casestudiet fremstår bruken av et 4D-verktøy, i dette tilfellet Synchro Software, som et betydelig hjelpemiddel. Dette er dog basert på den tilgjengelige tiden for utarbeidelsen av denne masteroppgaven. De funksjonene som ble vektlagt i denne oppgaven var visualisering av fremdrift, og da særlig i planlegging, men det er også fordeler ved visualisering under fremdriftsmøter. Bruken av BIM 4D i planleggingen resulterte i endringer av fremdriftsplanen, som igjen sparte tid og reduserte risiko på byggeplassen. Synliggjøring av HMS og formidling på byggeplass er også funksjoner som ble ansett som nyttige på dette prosjektet.

Videre kommer det frem at det er flere alternativer for å formidle BIM på byggeplass. Skal BIM 4D formidles anbefales det å begrense verktøy til kun ett. Dette vil gjøre arbeidsflyten bedre samt arbeidsmengden mindre. Bruken av BIM på kontoret bør forlenges ut på byggeplass i et og samme verktøy.

Summary

During the last years, there has been an increased focus on the use of building information modelling (BIM) in the construction industry. To a greater extent, the industry develops BIM manuals, hires BIM coordinators and BIM managers. The most common areas of use have been function such as collision control, volume extraction and visualization. There has also been a great deal of emphasis on the dissemination of BIM on the construction site, in the form of BIM kiosks and the possibility for viewing BIM models on smart phones and tablets. Based on this, it is interesting to explore what other opportunities and challenges other BIM dimensions will bring for large construction company, focusing on the fourth dimension. This is the dimension that connects time with model, focusing on planning, progress visualization and progress management.

This Master's thesis is done in collaboration with BetonmastHæhre Romerike which of today uses BIM on most of their projects. Exploring more of the opportunities and challenges that comes along with BIM is a natural next step in their use of BIM, which today mainly focuses on collision control, volume deployment and visualization.

This next step is the implementation of BIM 4D which deals with the linking of model and time. This means that the 3D objects in the BIM model are paired with the activities in the progress plan.

The main objective of this Master's thesis is to investigate how BetonmastHæhre Romerike can utilize such a tool, and how this can be communicated out on the construction site. This involves actively testing a software that enables BIM 4D on an ongoing project. At the same time, the existing planning and management routines must be explained so that one can reveal how a 4D tool can be implemented. In addition to this, existing information and experience for comparison must be obtained. Methods used for data collection in this Master's thesis are literature study, interview, field discussions and a case study. By using these methods, it has been possible to map the opportunities and challenges as well as to test a 4D tool on a real and ongoing project.

This Master's thesis describes traditional methods and tools for project planning, project management and BIM 3D as well as BIM 4D. Within this the various dimensions of BIM are described in the literature study. The theoretical and practical work processes in BetonmastHæhre Romerike are obtained from the internal management system and through interviews as well as field discussions. The actual testing of the 4D tool was done on an ongoing project in which BetonmastHæhre Romerike was the main contractor.

In terms of project planning in BetonmastHæhre Romerike, there are routines in the internal management system that relay on activity-based planning methods with visual display in a Gantt-chart. Furthermore, there are different levels of plans that all have requirements for content and degree of detail. These plans are prepared appropriately after given periods of time and are compiled in Excel or MS-project. It is during the preparation of these plans that a BIM 4D model can provide an immediate benefit in terms of visualization of the progress.

The case study revealed that the BIM foundation of the project was well suited for collision control, volume withdrawal and visualization. However, to exploit the BIM 4D, several points should be considered. The first is perhaps the most crucial for the composition of a functional 4D model. It must be decided which degree of detail the models from the designers should

have in terms of the progress plan. This also requires the planner to prepare a clear and detailed progress plan. This will make the pairing of the model and activities in the progress plan easier, more realistic, and in this way, make the 4D model more valuable and useful. This requires determining which 4D tool to use and will require training both internally and externally, as well as a clear responsibility matrix regarding updates and follow-up of the 4D model. It is important that all members of a project, externally and internally, understand the working method and that which is desirable to achieve with it. It is therefore recommended to try out a 4D tool on a small project for a beginning.

From the case study, the use of a 4D tool, in this case, Synchro Software, is a significant aid. However, this is based on the available time for the preparation of this Master's thesis. The features emphasized in this assignment were visualization of progress, and especially in planning, but there are also advantages of visualization during progress meetings. In using BIM 4D in planning, the progress plan was changed, which saved time and lowered the risk on the building site. Visibility of HSE and communication on the construction site are also features that were considered useful in this project.

Furthermore, it appears that there are several options for communicating BIM on site. Should BIM 4D be communicated, it is recommended to restrict tools to only one. This will improve workflow and decrease the workload. The use of BIM in the office should be extended on site in one and the same tool.

Innhold

Oppgavetekst	iv
Forord.....	v
Sammendrag.....	vii
Summary	ix
Figurer	xiv
Tabeller	xv
Forkortelser.....	xvi
1 Innledning	17
1.1 Bakgrunn	17
1.2 Formål	17
1.3 Delmål	18
1.4 Omfang og begrensninger	18
1.5 Oppgavens oppbygning	18
2 Metode.....	19
2.1 Kvalitativ og kvantitativ.....	19
2.2 Induktiv og deduktiv	20
2.3 Observasjon og deltagende observasjon	20
2.4 Metoder for datainnsamling.....	21
2.4.1 Anvendt metode	21
2.5 Vurdering av reliabilitet og validitet	24
3 Teori	26
3.1 Prosjektplanlegging.....	26
3.1.1 Fremdriftsplan.....	27
3.1.2 Kritisk vei og slakk	29
3.1.3 Microsoft Project	29
3.2 BIM.....	30
3.2.1 Dimensjoner	31
3.2.2 åpenBIM.....	32
3.2.3 Tradisjonell fremgangsmåte for sammensetting av BIM-modell	33
3.2.4 BIM 4D.....	35

4	Arbeidsprosesser i BetonmastHæhre	37
4.1	BetonmastHæhre	37
4.1.1	BetonmastHæhre Romerike	37
4.2	Fremdrift – teoretisk planlegging og styring i BetonmastHæhre	38
4.2.1	Veileder – Utarbeidelse av planer	38
4.2.2	Planlegging i oppstartsfasen	41
4.2.3	Oppfølging planer i produksjonsfasen	41
4.3	Fremdrift – planlegging og styring i praksis i BetonmastHæhre	42
4.4	BIM i BetonmastHæhre	42
5	Prosjektet Østensjøveien 16	43
5.1	Prosjektet	43
5.1.1	Fremdrift – planlegging og styring på Ø16	44
5.1.2	Plannivåer og ansvar	44
5.2	BIM på prosjektet Østensjøveien 16	45
5.2.1	Bruksområder og styring av BIM	46
5.2.2	Utfordringer med BIM på prosjektet Østensjøveien 16	48
5.2.3	Fordeler med BIM på prosjektet Østensjøveien 16	48
6	Den fjerde dimensjonen på Østensjøveien 16	49
6.1	Anvendt programvare – Synchro Pro	49
6.2	Fremgangsmåte	51
6.3	Nyttighetsvurdering av bruksområder	55
6.3.1	4D i fremdriftsplanlegging på prosjektet Østensjøveien 16	56
6.3.2	4D i fremdriftsmøter på prosjektet Østensjøveien 16	57
6.3.3	4D i HMS på prosjektet Østensjøveien 16	59
7	BIM – Formidling på byggeplass	61
7.1	BIM-kiosk	61
7.2	Mobil og nettbrett	63
7.3	Forslag til formidling av BIM på Østensjøveien 16	64
8	Diskusjon	66
8.1	BIM 4D ved fremdriftsplanlegging	66
8.2	BIM 4D i fremdriftsmøter	66
8.3	BIM 4D i HMS	67
8.4	Synchro Software	67

9	Konklusjon.....	68
10	Videre arbeid.....	69
	Referanser.....	70
	Vedleggsliste	73

Figurer

Figur 3.1: Skisse for etablering av prosjektplan etter (Køster, 2017).	26
Figur 3.2: Leverbare WBS struktur (Elden, 2009).....	27
Figur 3.3: Forenklet Gantt-diagram (Rolstadås, 2011).....	28
Figur 3.4: Fremdriftsplan og Gantt-diagram i Microsoft Project.	29
Figur 3.5: BIM-dimensjonene.....	31
Figur 3.6: Standardene i åpenBIM (buildingSMART Norge, 2017).....	32
Figur 3.7: Tradisjonell fremgangsmåte for sammensetting av BIM modell.....	34
Figur 3.8: Tradisjonell fremgangsmåte for produksjon av 4D-modell.	36
Figur 4.1: Plannivåer i BetonmastHæhre (BetonmastHæhre styringsystem, 2018).	40
Figur 5.1: Illustrasjon av Østensjøveien 16 (Ferd Eiendom, 2018).	43
Figur 5.2: Milepæler på prosjektet Østensjøveien 16.....	44
Figur 5.3: Modellkontrollplan ved prosjektet Østensjøveien 16.	47
Figur 6.1: Synchro Software platform (Synchro Software, 2018).	50
Figur 6.2: Brukergrensesnitt Synchro PRO.....	51
Figur 6.3: Sammenkobling av objekter og aktiviteter.....	52
Figur 6.4: Fokuspilen i Gantt-diagrammet.	53
Figur 6.5: Vekstsimulering for graveetapper.	54
Figur 6.6: Sammenligning av 4D-modell og byggeplass.....	55
Figur 6.7: Innvendige stag mot spunt Østensjøveien 16.	56
Figur 6.8: BIM-modell av grunnforholdene Østensjøveien 16.....	56
Figur 6.9: Synchro PRO prosjektfilen som ble brukt ved fremdriftsmøter.	57
Figur 6.10: Første fremdriftsmøte ved Østensjøveien 16 med BIM 4D.....	58
Figur 6.11: Barriereplakaten til BetonmastHæhre (BetonmastHæhre, 2018).....	59
Figur 6.12: 3D HMS-objekter basert på barriereplakaten.	59
Figur 6.13: Standard risikoobjekter i Synchro PRO (Synchro Software, 2018).	60
Figur 6.14: HMS-objekt, fall fra høyde, plassert i modell ved utsaprring.	60
Figur 7.1: BIM-kiosk som faglig møteplass på byggeplassen (4B Arkitekter, 2015).	62
Figur 7.2: Skanskas første-generasjon BIM-kiosk (Simens & Hanna, 2015).	62
Figur 7.3: Innhold i Skanskas første-generasjons BIM-kiosk (Simens & Hanna, 2015).....	62
Figur 7.4: Vegghengt BIM-kiosk (Bygg.no, 2017).....	63
Figur 7.5: Dalux mobile BIM-løsning (Dalux, 2018).....	64

Tabeller

Tabell 0.1: Forkortelser av sentrale begrep.	xvi
Tabell 4.1: Plannivåer i BetonmastHæhre (Basert på BetonmastHæhre styringssystemer, 2018).	39
Tabell 5.1: Modeller underlagt BIM-krav på prosjektet Østensjøveien 16.	45

Forkortelser

Tabell 0.1: Forkortelser av sentrale begrep.

4D	Fjerde dimensjonen – Tid
BIM	Bygningsinformasjonsmodell Bygningsinformasjonsmodellering Building information management
IFC	Fritt filformat for utveksling av intelligente 3D-modeller mellom forskjellige faggrupper
UE	Underentreprenør
Ø6	Prosjektet Østensjøveien 16

1 Innledning

Dette kapittelet inneholder bakgrunnen for denne masteroppgaven og hvilket tema den omhandler. Oppgavens oppbygning og formulering av formål, delmål og avgrensninger presenteres også i dette kapittelet.

1.1 Bakgrunn

Konstruksjonsplanlegging kan defineres på flere måter. Au & Hendrickson (1998) spesifiserer at fra et profesjonelt standpunkt, defineres konstruksjonsplanlegging som en fundamental aktivitet som involverer valg av teknologi, definering av aktiviteter, estimerer av de nødvendige ressursene og varigheten av de individuelle aktivitetene. Dette i tillegg til å identifisere samspillet mellom de forskjellige aktivitetene. Dette beskriver Zhou et al. (2009) som refleksjonen av en planleggers mentale prosess for problemløsning. Måten konstruksjonsplanlegging gjennomføres på kan betegnes som en planleggingsprosess.

Dagens planleggingsprosesser i byggebransjen baserer seg stort sett på 2D tegninger. Modellbaserte planleggingsmetoder som i større grad visualiserer arbeidsplassen og prosessen kan forbedre kommunikasjon mellom de involverte partene i et prosjekt, og på den måten bidra til å unngå planleggingsfeil. De muliggjør også kontinuerlig optimalisering av byggeprosjektene tidlig i prosjekteringsfasen ved å utforske forskjellige alternativer for utførelse. På denne måten kan en modell i planleggingsfasen bidra til et bedre beslutningsgrunnlag for videre fremdrift.

En kjent prosess for modellbaserte planleggingsmetoder er BIM 4D, som er en prosess for visualisering av iboende abstrakt og kompleks planleggingsinformasjon som tradisjonelt kan være vanskelig å synliggjøre i et Gantt-diagram. Dagens 4D-programvarer er i prinsippet i stad til å visualisere, gjennom 3D-animasjoner, produksjonsprosessen – altså den fysiske fremdriften – for et byggeprosjekt parallelt med tidsplanen. Ved å linke objekter fra en 3D-modell til aktiviteter i en fremdriftsplan kan en redusere store planleggingsfeil kun ved inspeksjon av 4D-modellen, som igjen bidrar til forbedret og økt kommunikasjon innad i en prosjektgruppe (Tulke & Hanff, 2007).

Det er dette forholdet mellom mennesker, prosess og teknologi som skaper grunnlaget for et vellykket prosjektresultat.

1.2 Formål

Betonekst Hæhre Romerike AS bruker i dag BIM aktivt med hovedvekt på kollisjonskontroll, mengdeuttak og visualisering. Det har også de seneste årene vært en økende satsning på BIM både på Romerikeavdelingen og innad i konsernet, med ansettelse av flere BIM-koordinatorer og en BIM-sjef.

Det er på grunnlag av dette naturlig å utforske flere av mulighetene bruken av BIM tilbyr for å se hvordan og om det kan nyttiggjøres. I denne oppgaven legges det derfor vekt på bruken og nytteverdien av et BIM-verktøy i tilknytning til fremdriftsplanlegging og fremdriftsstyring (4D). For å utforske mulighetene BIM 4D tilbyr, har det blitt testet ut og anvendt en spesifikk programvare (Synchro PRO) ved prosjektet Østensjøveien 16 (Ø16) i Oslo. I en forlengelse av dette vil det også bli utforsket metoder for formidling av BIM ute på byggeplassen i en teoretisk fremstilling.

Hensikten med denne oppgaven er å undersøke hvilke muligheter BIM 4D gir et prosjekt i planleggingsfasen og produksjon med tanke på fremdriften. Dette innebærer å prøve ut spesifikke funksjoner, vurdere hvordan de kan benyttes og hvordan de kan utgjøre en nytteverdi for BetonmastHæhre Romerike AS.

1.3 Delmål

Delmålene i denne oppgaven presiserer problemsstillingen og er veiledende for arbeidsprosessen i denne oppgaven. Delmålene er som følger:

- Kurs i Synchro PRO
- Implementere Synchro Pro på prosjektet Østensjøveien 16
- Kartlegge planleggings- og styringsprosedyrer i BetonmastHæhre
- Avdekke nyttige funksjoner i Synchro PRO og nyttiggjøre disse
- Utforske metoder for formidling av BIM på byggeplass

1.4 Omfang og begrensninger

Oppgaven inneholder en gjennomgang av teori og praktisk bruk av både etablerte og nye metoder for fremdriftsplanlegging og styring. Den inneholder også en teoretisk fremstilling av metoder for formidling av BIM på byggeplass.

Oppgaven følger prosjektet Ø16 under fremdriftsplanlegging, ved påbegynte grunnarbeider og til startfasen av betongstøp. Oppgaven vil derimot ikke følge prosjektet til ferdigstillelse. Den tilgjengelige tiden for en slik oppgave begrenser tidsrommet Synchro PRO kan utprøves på prosjektet og tiden til å tilegne seg kunnskap gjennom arbeid med programvaren. Mer erfaring og utprøving gjennom hele prosjektperioden vil kunne gi andre erfaringer og anbefalinger. Det er derfor viktig å legge vekt på at de vurderinger og konklusjoner som fremkommer er basert på disse forutsetningene.

1.5 Oppgavens oppbygning

Oppgaven inneholder fire hovedpunkter som arbeidet skal inneholde, men ikke nødvendigvis avgrenses til.

1. Innledende arbeid/litteraturstudium med avgrensninger og definisjoner
2. Vurdering/evaluering av fremdriftsplanlegging med BIM 4D på prosjektet Østensjøveien 16
3. BIM 4D fremdriftsvisualisering – hvordan nyttiggjøre det på prosjektet
4. BIM på byggeplass – hvordan formidle det ut på byggeplass

I hovedsak går oppgaven ut på vurdering av BIM 4D i programvaren Synchro PRO generelt, og på prosjektet Østensjøveien 16 i Oslo.

2 Metode

Dette kapitelet tar for seg vitenskapelige metoder og fremgangsmåter ved utførelsen av en rapport, samt valgte metoder for denne oppgaven.

Kunnskap kan defineres som å ha en sann og velbegrunnet oppfatning av noe. Det er likevel ikke sannheten som skiller forskning og vitenskap fra andre kunnskapskilder, men måten sannhetens søkes på. Det vil si metodene som brukes i søket etter sannheten, som skal sikre at resultatene er godt begrunnet. En forsker velger en systematisk fremgangsmåte og stiller seg kritisk undersøkende til det hun ønsker å finne ut av. Den systematiske fremgangsmåten velges i tråd med kravene på det aktuelle fagområdet. Det er viktig at resultatene, i den grad det er mulig, lar seg etterprøve av andre, noe som gjør at en forsker ideelt sett er nøyaktig, kritisk og lydhør. Forståelsen for at tvil alltid vil være til stede, at enhver måling har sine svakheter, og at dogmatisk tro på en bestemt teori er i strid med vitenskapens idealer, er avgjørende for resultatet. Vitenskapelig kunnskap kan vise seg å være usann og dermed bli erstattet av ny kunnskap. Dette gjør at vitenskap er umulig uten kritisk tenkning (Nyeng, 2012).

Metoden kan beskrives som en slags vei mot mål, og en forsker må redegjøre for hvilken metode som ligger til grunn for sin forskning. Ingen metoder er uten svakheter noe som stiller krav til at forskeren gjør rede for svakheter ved valgte metoder, og hvordan disse svakhetene kan ha innvirkning på resultatet (Dalland, 2012). Metoden for innsamling og analyse av data ved samfunnsvitenskapelig forskning, klassifiseres som kvalitativ eller kvantitativ (Nyeng, 2012).

2.1 Kvalitativ og kvantitativ

Måten forskningen innhenter og bruker forskjellige data på avgjør hvorvidt de klassifiseres som kvalitativ eller kvantitativ. Innsamling og analyse av data ved hjelp av skriftlige eller muntlige kilder som gir forsker tolkninger i form av ord, betegnes som kvalitativ forskning. Når innsamlingen av data skjer i form av tall, og analysen foregår statistisk, betegnes metoden som kvantitativ forskning. Denne forskjellen legger på mange måter grunnlaget for helt forskjellige arbeidsprosesser. Nyeng (2012) mener at dette er opphavet til forestillingen om at kvantitative undersøkelser automatisk gir bedre kunnskap, kun fordi de fremskaffer et presist tallmateriale med større slagkraft. Dette underbygges av at Dalland (2012) mener kvantitative data har en fordel nettopp fordi det ved kvantitative metoder produseres data i form av målbare enheter. Nyeng (2012) beskriver denne forestillingen om presisjon som problematisk, og mener den ikke begrunner rangering av tall høyere enn ord.

"Kvantitativt og kvalitativt orientert samfunnsforskning disponerer hver sine metodetradisjoner. De er ulike tilnærminger som ikke skal konkurrere med hverandre"

(Fossåskaret 1997, s. 11).

Begge disse metodene har sine sterke og svake sider, noe som gjør at det ved de tilfeller det lar seg gjøre, kan være en fordel i å kombinere dem (Iversen, 2013). Metodene kan skiller ved å beskrive dem som forskjellige verktøy til forskjellige formål.

2.2 Induktiv og deduktiv

Tilnærmingen til de forskjellige forskningsmetodene kan deles opp i induktiv og deduktiv forskning. Induktiv forskning tar utgangspunkt i observasjon av empiriske fenomener hvor virkeligheten studeres for å danne et mest mulig korrekt bilde av den. Dette gjøres uten at det ligger en bestemt forventning eller presis hypotese til grunn for arbeidet. Data som fremkommer av vitenskapelige eksperimenter eller observasjoner kalles empirisk data. I vitenskapelig sammenheng er teori en måte å forklare det vi observerer, altså empirien eller dataene på. En hypotese er en konkret antagelse om et faktisk forhold, eller en årsaksforbindelse, noe som gjør at det må foreligge et godt bilde og en viss forståelse av hva som studeres på forhånd. I den induktive forskningen utarbeides det derimot arbeidshypoteser som det forsøkes å finne støtte for, og på den måten etterhvert opparbeide og utvikle en generell oppfatning av det som studeres. Slik sett er induksjon en prosess hvor man observerer virkeligheten for å bygge opp, oppdage og forsterke faglige standpunkt. Induktiv forskning kan derfor beskrives som å bevege seg "fra empiri til teori". Forskningen går fra det spesielle til det generelle.

Forskning som går motsatt vei, fra teori til empiri, kalles deduktiv forskning. Her ligger en antagelse til grunn, som er utledet fra en eksisterende teori, som i løpet av arbeidet undersøkes for å se om den stemmer overens med virkeligheten. Denne teorien er ideelt sett formulert som en mest mulig presis hypotese. Derfor kan deduktiv forskning beskrives som hypotesetestende forskning.

En måte å beskrive forskjellen på, er å plassere teori hengende over empirisk grunnlag, på samme måte som et kart kan holdes over et landskap. Induktiv metode gir kunnskap og data om landskapet som trengs for å tegne kartet. Med deduktiv metode legges kartet over landskapet for å se om former i landskapet faktisk stemmer overens med kartet.

På bakgrunn av dette kan en si at induktiv og deduktiv metode angir ulike måter å skape en forbindelse mellom teori og empiri på (Nyeng, 2012).

2.3 Observasjon og deltagende observasjon

Observasjon gjøres ved å observere samhandling mellom aktører. Observasjon er ikke avgrenset til det forskeren ser, da det hørbare også er en observasjon. Med å være til stede kan forskeren fange opp kommentarer og samtaler som utveksles i felten, noe som gjør at den verbale dataen kommer i form av uprovoserte kommentarer til noe som foregår. I motsetning til intervju, hvor dataen kommer fra forhåndsstilte spørsmål. På denne måten kan forsker med observasjonsmetodene bruke intervjuer og feltsamtaler for innhenting av data. Feltsamtaler skiller seg fra intervjuer på den måten at forskeren kan være en uformell samtalepartner og ikke bare observere den, noe som gjør at feltsamtaler er en del av både observasjon og deltagende observasjon. Det er kun når forskeren selv er en av aktørene som observeres at deltagende observasjon forekommer (Fossåskaret, 1997).

Deltagende observasjon kan til tider være en vanskelig metode å gjennomføre. Metoden krever samhandling med andre, som igjen krever at det etableres en relasjon til de som skal studeres. Det etableres relasjoner mellom statuser, som gjør det mulig for samhandlingspartene å stille rolleforventninger til hverandre. Når en forsker lykkes i å etablere relasjoner og har et reflektert forhold til den statusen forskeren blir tildelt og til rolleutformingen, oppstår det en vellykket deltagende observasjon (Aase, 1997).

2.4 Metoder for datainnsamling

Alt og alle som kan bidra til informasjon og data er kilder. Men det stilles krav til hvordan denne informasjonen og dataen tilegnes, hva eller hvem som er kilden og hvordan disse vurderes. I en profesjonsutdanning kan erfaringer fra praksisstudier være verdifulle bidrag til en oppgave. Men i enkelte yrker hvor utviklingen skjer så raskt at kunnskapen foreligger i praksis før den blir publisert, er fagfolk nyttige kilder. Uavhengig av hva en oppgave bygges på, må alltid litteraturen i faget hensyntas, for å tydeliggjøre sammenhenger og utviklingstrekk (Dalland, 2012).

Innhenting av informasjon, data og i noen tilfeller erfaringer er nødvendig for å kunne gjennomføre alle typer forskning. Det er flere måter denne innhenting kan gjøres på. Som en forberedende aktivitet anbefales som regel en dokumentgjennomgang, men det skal også brukes andre former for informasjonsinnhenting. Videre kan det brukes eksisterende data, hvor det er viktig å notere hvordan data er produsert, kjente styrker og svakheter og hva de brukes til. Ved bruk av eksisterende data må tidsrom, områder etc. som dataen omfatter noteres nøyaktig.

Intervjuer er også en form for innhenting av informasjon. Ved denne metoden anbefaler Olsson (2011) at det utarbeides en intervjuguide som beskriver de spørsmål som vil bli gjennomgått. Før intervjuet bør også intervjuobjektet være kjent med hvem intervjueren er, hvordan type oppgave som utarbeides, hvilke spørsmål som vil bli gjennomgått og hva problemstillingen i oppgaven er. Innledningsvis bør det også opplyses om hvordan opplysningene vil bli behandlet.

Videre kan det også produseres en spørreundersøkelse. Dette er en rekke spørsmål som settes opp på en strukturert måte og sendes til et utvalg personer. Disse personene kalles respondenter. Spørsmålene kan leveres personlig eller sendes per e-post eller post. En utfordring med en spørreundersøkelse er lav svarandel.

Når et studieobjekt eller et fåtall utvalgte studieobjekter skal undersøkes kan det gjennomføres casestudier. Casestudier har som mål å gi innsikt og forståelse. Her vil det være naturlig å bruke flere typer av informasjon, spesielt kvalitative data, men det kan også være aktuelt med kvantitativ data. Det er viktig at et casestudium ikke blir representativt eller generaliserbart. Resultatene fra denne metoden er alltid tids- og stedsavhengige. Likevel kan det produsere viktige bidrag til ulike fagfelt.

I en oppgave kan det være tilstrekkelig med kun en av de overnevnte metodene for innhenting av data, men det er likevel vanlig, og i prinsippet er det anbefalt, å kombinere to eller flere metoder (Olsson, 2011).

2.4.1 Anvendt metode

Denne oppgaven har som hensikt å søke ny praktisk kunnskap og erfaringer, samt evalueringer rundt et til nå mindre utforsket felt. Det er derfor valgt å ta utgangspunkt i en kvalitativ metode med induktiv tilnærming. Basert på dette vil hovedvekten ligge på produksjon og tolkning av kvalitative data. Oppgavens problemstilling gjør det også naturlig å ha en todelt observasjonstilnærming, hvor den ene delen er observasjon og den andre delen er deltakende observasjon. På bakgrunn av det overnevnte er det valgt følgende metoder for datainnsamling:

- Litteraturstudie
- Intervju og feltsamtaler med nøkkelpersoner
- Casestudie

Dette kalles en triangulær tilnærming, som innebærer å bruke en kombinasjon av metoder. Olsson (2011) beskriver denne tilnærmingen som en måte å kompensere svakheter i de brukte metodene på. På denne måten kan skjevheter, ufullstendigheter eller dirkede feil avdekkes.

2.4.1.1 Litteraturstudie

Litteraturstudie er den systematiske gjennomgangen av en et bestemt tema og gjøres for å avdekke hva andre har funnet ut om et tema tidligere. Målet er å danne et teoretisk grunnlag samtidig som det skal virke veiledende for det arbeidet som skal utføres (Olsson, 2011).

I denne oppgaven ble litteraturstudiet gjennomført med to fokusområder. BIM og prosjektplanlegging og styring, både generelt og internt i BetonmastHæhre. For å sikre et bredt utvalg ble litteraturen funnet ved hjelp av flere ulike søkemetoder. Iversen (2012) beskriver BIM som preget av et internett-blogg fenomen. Noe som fører til at mye av informasjonen må innhentes fra internett. Dalland (2012) mener at det ikke gir mening å oppgi internett som kilde og presiserer viktigheten med å finne frem til den eller de som har lagt ut informasjonen. Bare på denne måten kan internett benyttes på en forsvarlig måte. Det ble derfor i denne oppgaven lagt stor vekt på å finne relevant litteratur hos bibliotek i den grad det lot seg gjøre. Der det ble nødvendig med støttende søk via internett, ble dette gjort med premisset om at opphavet til informasjonen skulle komme tydelig frem og være sporbart. BIM-informasjonen er hentet fra fagbøker, forskningsrapporter, postet foredrag, tidsskrifter, eldre masteroppgaver og internettsøk samt utviklere og BIM-aktører.

Informasjonen om prosjektplanlegging og styring ble i teoridelen hentet fra fagbøker. I den praktiske delen som tar for seg interne rutiner for prosjektplanlegging og styring hos oppdragsgiver, ble informasjonen innhentet på to måter. Intervju og søk i intranett. Søket i intranettet ble gjort for å avdekke de faktiske styringsdokumentene og rutinene til selskapet. Intervjuene ble gjort for å kunne se hvordan de interne styringsdokumentene og rutinene fungerer i praksis, og om de er gjennomførbare.

Det overnevnte litteraturstudie danner grunnlaget for intervjuguiden og gjennomføringen av casestudie.

2.4.1.2 Intervju og feltsamtaler med nøkkelpersoner

Den deltagende observasjons-tilnærmingen gjorde det naturlig med en kombinasjon av intervju og feltsamtaler. Intervjuene ble gjennomført med seks personer i prosjektgruppen til entreprenøren, BetonmastHæhre Romerike. Av disse seks var det en prosjektleder, en anleggsleder, en prosjektingeniør og to arbeidsledere samt en BIM-koordinator. Det ble også gjennomført intervjuer med tre representanter for tre forskjellige underentreprenører. I tillegg ble det gjennomført et intervju med en anleggsleder ved et annet prosjekt, og BIM-sjefen i BetonmastHæhre Romerike. Dette ble gjort for å sammenligne rutiner på tvers av prosjekter innad i samme bedrift.

Intervjuobjektene fikk tilsendt en intervjuguide, **vedlegg A2**, minimum fem dager før intervjuet fant sted. Dette var for å få størst mulig utbytte av hvert intervju. Svarene ble skrevet ned i sanntid for å forsikre om at svarene ble korrekt transkribert. I ettertid ble svarene satt i tekst og sendt tilbake til intervjuobjektene for godkjenning. Kun etter godkjenning ble svarene brukt i denne oppgaven. De følgende intervjuene har funnet sted i arbeidet med denne oppgaven:

- **Fremdriftsplanlegging og fremdriftsstyring i BetonmastHæhre**
 - 1 prosjektleder
 - 2 anleggsledere

- **Fremdriftsplanlegging og fremdriftsstyring på prosjektet Østensjøveien 16**
 - 1 prosjektleder
 - 1 anleggsleder

- **BIM i BetonmastHæhre**
 - BIM-sjef i BetonmastHæhre
 - BIM-koordinator i BetonmastHæhre Romerike

- **BIM på prosjektet Østensjøveien 16**
 - 1 anleggsleder
 - BIM-koordinator i BetonmastHæhre Romerike

- **Tilbakemeldinger på bruken av BIM 4D**
 - 1 anleggsleder
 - 1 prosjektingeniør
 - 2 arbeidsledere
 - BIM-koordinator i BetonmastHæhre Romerike
 - 3 underentreprenører

I tillegg til intervjuene har det under hele arbeidet med denne oppgaven blitt gjennomført feltsamtaler. Disse feltsamtalene har foregått mellom aktørene i prosjektet, både internt i prosjektgruppen og mellom entreprenøren og underentreprenører. I tillegg har studenten deltatt i flere av disse feltsamtalene. Dette har vært med på å avdekke en del praktiske utfordringer, både for entreprenør og underentreprenører, samt tekniske forutsetninger i BIM-modellene.

2.4.1.3 Casestudie

Casestudie ble gjennomført på et pågående prosjekt i regi av BetonmastHæhre Romerike. På grunn av tidsbegrensningen til en masteroppgave ble ikke hele prosjektet fulgt fra start til slutt. Det ble derfor valgt å følge de pågående hovedaktivitetene som fant sted i samme tidsrom som utarbeidelsen av denne masteroppgaven. Aktivitetene som ble fulgt var grunnarbeid og første fase av plasstøpt betongarbeider.

BetonmastHæhre Romerike benytter seg ikke per dags dato av BIM 4D, verken på det aktuelle prosjektet eller på andre prosjekter i bedriften. Det ble derfor valgt å fokusere på hvordan bedriften kan nyttiggjøre en 4D-programvare. Dette gjorde det naturlig med en del prøving og feiling, samt tester. Prøving og feiling gikk ut på å teste forskjellige funksjoner i 4D-programvaren i samarbeid med anleggsleder og BIM-koordinator på prosjektet. De funksjoner som ble funnet nyttig ble så videre testet ut i flere faser av prosjektet. Dette innebar å involvere interne og eksterne personer i bruken av 4D-funksjonene. Det ble så

gjennomført intervjuer med de involverte personene for å få en tilbakemelding på de brukte 4D-funksjonene.

2.5 Vurdering av reliabilitet og validitet

Reliabilitet er bare en av forutsetningene for at en oppgave skal være god. Den sier noe om holdbarheten i det som blir fremlagt. Informasjon kan være holdbar uten at den er relevant.

"Reliabilitet handler om hvor robust en undersøkelse eller en konkret måling er, eller sagt med andre ord, om dataene er tillitvekkende eller til å stole på."

(Nyeng 2012, s.105)

Data som fremkommer skal kunne etterprøves. Hvis den samme målingen gjentas flere ganger under samme forhold med samme resultat, er det god reliabilitet (Olsson, 2011).

Validitet handler om at man undersøker det man ønsker å undersøke, og ikke noe annet.

Validiteten til litteraturstudie i denne oppgaven anses som god da valg av relevant litteratur har vært avgjørende for kildebruket i denne delen. Det samme gjelder reliabiliteten, da litteraturen er hentet fra pålitelige kilder og databaser. Informasjonen om prosjektplanlegging og prosjektstyring i BetonmastHæhre er som nevnt hentet fra de interne styringsdokumentene via intranett. Dette er dokumenter som beskriver hvordan prosjekter skal planlegges og styres. Det anses derfor som at denne delen har både god validitet og reliabilitet. Videre er det noe lavere reliabilitet i BIM-delen. Dette skyldes som nevnt tidligere det Iversen (2012) beskriver som et internett-blogg fenomenet. Dette gjør at påliteligheten til disse dataene kan være noe lav. Det har allikevel blitt forsøkt i den grad det har latt seg gjøre å gjennomføre generelle søk for å avdekke eventuelle feilkilder.

Noe lav validitet og reliabilitet er det også av måledata fra casestudie. Dette skyldes starttidspunktet for oppgaven og fasen byggeprosjektet befant seg i. Dette begrenset tidsperioden programvaren kunne testes i. Det samme gjelder for den generelle bruken av programvaren, som i denne oppgaven kun har blitt testet på en modell og på et prosjekt. Ideelt skulle programvaren ha blitt testet ut på flere modeller og i flere faser av et prosjekt, og i flere forskjellige prosjekter. Tidsperioden for oppgaven gjør også at studenten har begrenset med tid til å tilegne seg kunnskap i programvaren. De krav som stilles til innhold i en masteroppgave gir også begrenset tid til å bruke programvaren fullt ut. Det er viktig å være klar over at casestudiet ble gjennomført i en periode med relativt lite og ensformig aktivitet på byggeplassen. BIM-modellene var heller ikke modellert med hensyn på 4D, da dette ikke var et 4D-prosjekt.

Validiteten og reliabiliteten til intervjuobjektene er todelt. Validiteten og reliabiliteten til intervjuobjektene som svarte for metoder og rutiner for prosjektplanlegging og prosjektstyring internt i BetonmastHæhre anses som god. Det samme gjelder for de intervjuobjektene som svarte for rutiner og systemer for BIM innad i selskapet. Dette gjøres på bakgrunn av et bredt utvalg av intervjuobjekter som har lang erfaring i selskapet, og til daglig jobber med temaet. Noe lavere validitet er det av måledataene fra intervjuobjektene som svarte på bruken av BIM 4D. Dette skyldes at intervjuobjektene kan styres av andre motiver og interesser. Noen kan være imot digitaliseringen og ha en forutinntatt innstilling

til utviklingen. Det er heller ikke sikkert at intervjuobjektene i denne delen har en god nok forståelse av verktøyet til å kunne svare på hvorvidt de ser det som en fordel eller ikke.

I denne oppgaven er det ikke så mye aktørene i prosjektgruppa som skal observeres, men metodene som brukes, det kreves derfor ikke i like stor grad å bygge relasjoner, selv om gode relasjoner er en fordel.

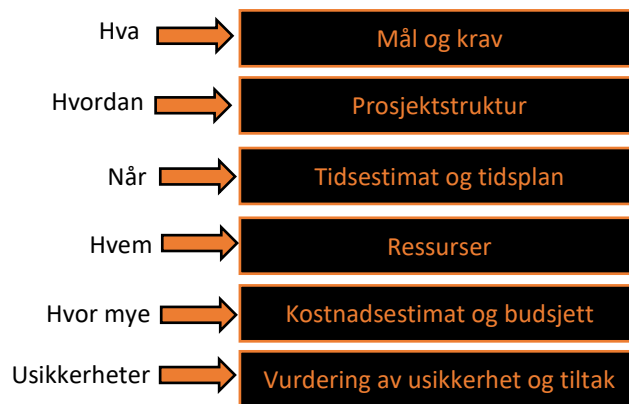
3 Teori

Denne oppgaven omhandler bruken av BIM 4D som et verktøy under produksjonsfasen i et byggeprosjekt. Dette forutsetter en viss kjennskap til både BIM og tradisjonell prosjektplanlegging. Dette kapittelet fokuserer på teoriene bak de tradisjonelle metodene for prosjektplanlegging, prosjektstyring, BIM og BIM 4D.

3.1 Prosjektplanlegging

Det er flere måter å utføre et prosjekt på, og mange faktorer spiller inn på valg av fremgangsmåte. Det er flere steg i planleggingsprosessen det er viktig å ta høyde for. En vanlig metode er en stegvis prosess som vist i figur 3.1.

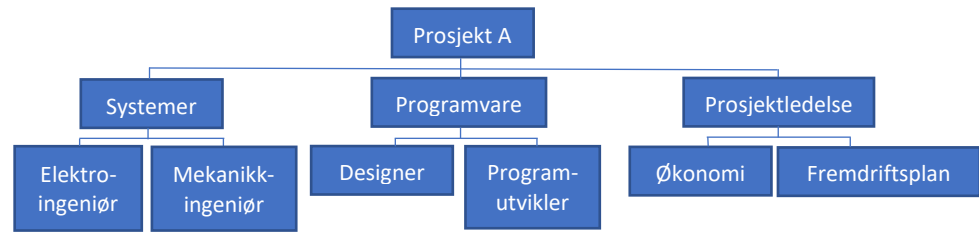
Ved oppstart av et prosjekt må det etableres en plan for hvordan prosjektet skal gjennomføres. Dette er en plan som bør inneholde hva som skal leveres, hvilke kostnader som er knyttet til dette og en tidsplan for hele prosjektet. Det vil være naturlig å ta utgangspunkt i prosjektmålene. Videre må det identifiseres hva som skal leveres, hvordan det skal leveres og hva det vil koste. Dette innebærer også å avgjøre hvem som skal bidra i leveransen. I tillegg er det viktig å være klar over at en plan strekker seg fremover i tid, som betyr at det planlegges for fremtiden. Fremtiden er usikker og det er derfor viktig å ta hensyn til nettopp dette i planleggingen. Det er derfor viktig at en plan inneholder hvilke usikkerheter som kan påvirke prosjektet.



Figur 3.1: Skisse for etablering av prosjektplan etter (Køster, 2017).

Hva definerer hva som skal leveres, og tar utgangspunkt i prosjektets effektmål og resultatmål. Dette er mål som kan detaljeres ned i delmål og leveransekrav. I denne prosessen er det vanlig at prosjekteiere og sentrale aktører er involverte, slik at det foreligger en enighet om hva som skal leveres.

Hvordan består av å produsere en oversikt over hvordan arbeidet skal utføres for å nå prosjektets resultatmål, samt å levere i henhold til krav. Denne oversikten kalles en prosjektstruktur. Dette er en leveranseorientert nedbrytning av et prosjekt. Denne nedbrytningen har fokus på hva og hvordan prosjektet og de deltagende aktørene skal levere. Prosjektstrukturen fungerer videre som grunnlaget for planleggingen i prosjektet, og er derfor en viktig del av hele prosjektet. Figur 3.2 viser et forenklet eksempel på en prosjektstruktur.



Figur 3.2: Leverbare WBS struktur (Elden, 2009).

Når handler om å estimere tidsbruken for arbeidet. Både for selve utførelsen og for planleggingen. Målet er å produsere en god og oversiktlig fremdriftsplan. Denne planen skal vise hvilke aktører som skal utføre de ulike aktivitetene, og i hvilket tidsrom. Dette vil bli omtalt nærmere i kapittel 3.1.1 fremdriftsplan.

Hvem består av å fordele ressurser til prosjektets aktiviteter. Dette steget må sees på i sammenheng med tidsplanleggingen, fordi ressurstilgang er en avgjørende faktor for fremdriften i et prosjekt. Det er viktig at de valgte ressursene har den kompetansen og tilgjengeligheten som er nødvendig for de aktivitetene de blir tildelt.

Hvor mye handler om å estimere prosjektets kostnader. Dette skal være et estimat som skal representere prosjektets sannsynlige kostnad. Estimater bør baseres på erfaring og den tiltenkte måten å gjennomføre prosjektet på. I tillegg til å estimere kostnadene må de budsjetteres. Dette innebærer å fordele kostnadene utover i prosjektet med tiden, og i henhold til fremdriftsplanen.

Usikkerhet innebærer å vurdere usikkerheter med prosjektet og ta hensyn til dette i beslutninger. Det er også viktig å styre usikkerhetene aktivt gjennom planlegging av tiltak som gjennomføres underveis. Dette kan gjøres med en usikkerhetsanalyse. En slik analyse kan både være kvantitativ og kvalitativ. Den kvantitative analysen ser på estimatene som ligge til grunn for budsjettet. Her vurderes mengdeberegningene på for eksempel timer, meter, kubikk, kilo etc. Det vurderes også om prisen på de gitte mengdene stemmer. Det er ikke mulig å produsere et 100% riktig estimat, og det er derfor viktig å ha reserve i budsjettet.

Den kvalitative analysen tar for seg hendelser som kan inntreffe og som kan ha innvirkning på kostnadene til prosjektet. Dette kan være dårlig vær, sykdom i prosjektgruppen, utfordringer med leverandører etc. For å redusere at prosjektet blir påvirket av disse usikkerhetene er det viktig at det arbeides aktivt med usikkerhetsbilde både i planleggingsfasen og under utførelsen av prosjektet (Køster, 2017).

3.1.1 Fremdriftsplan

For at et prosjekt skal bli ferdig i rett tid, deles og fastlegges aktiviteter i tid. For å ta avgjørelser om endringer og oppdateringer av prosjektets overordnede tidsplan, er det helt nødvendig med en fremdriftsplan. Innad i en fremdriftsplan inngår en rekke begreper som er viktig å forstå for planleggingen, tolkningen og endringer av en fremdriftsplan.

For selve fremdriftsplanene benyttes det ofte to engelske begreper. Når det skal bestemmes hvilke aktiviteter som inngår, i hvilken rekkefølge de må utføres i og hvilken varighet de har, brukes begrepet "planning". "Scheduling" benyttes når det skal fastlegges et tidspunkt for når hver enkelt aktivitet skal starte og slutte.

Videre er det tre sentrale begrep i en fremdriftsplan:

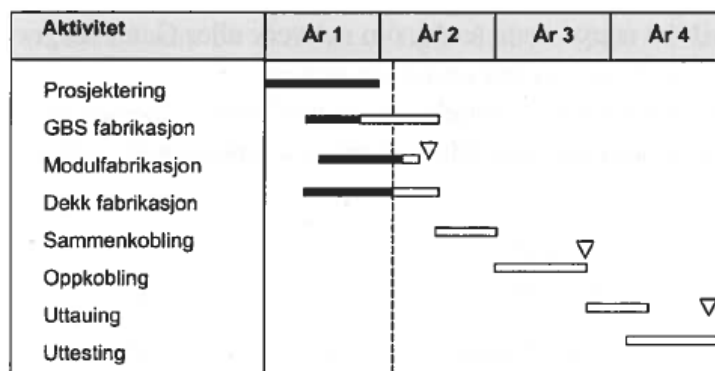
- Aktivitet – samling av arbeidsoppgaver som krever ressurser for å bli utført
- hendelse – tidspunktet hvor en aktivitet starter eller slutter
- milepæl – planlagt registrerbar hendelse knyttet til en definert ferdigstilling eller et oppnådd resultat. Blir ofte brukt til målsettinger for gjennomføring av aktiviteter.

Et annet viktig begrep i denne sammenhengen er ressurs. En ressurs er en som utfører en aktivitet, og er med på å bestemme varigheten på aktiviteten basert på tilgjengelighet. Dette er fordi ressurser normalt er begrenset. For å skille mellom aktivitet og ressurs kan en si at aktiviteten er å "legge rør", mens ressursen da blir "rørleggeren". En aktivitet må oppfylle tre kriterier:

- Ha en klart angitt start og slutt, samt et arbeidsomfang
- en ansvarlig person eller organisasjonsenhet må kunne tillegnes for utførelse
- den må ha en betydning for planen, den må være vesentlig.

(Rolstadås, 2011).

Det finnes flere måter å presentere en fremdriftsplan på, med Gantt-diagram som den vanligste innenfor byggebransjen. En forenklet utgave av et Gantt-diagram er vist i figur 3.3. Hver enkelt aktivitet blir plassert på den vertikale aksen, mens lengden på varigheten blir plassert langs den horisontale aksen, som er en tidsakse. Det er de horisontale strekene langs tidsaksen som angir aktivitetens varighet, og derved også start og slutt. Milepæler blir vist som med trekantede på det tidspunktet de ligger i planen. Strekenes fyll angir hvor stor del av aktiviteten som har blitt gjennomført, noe som er nyttig i forbindelse med fremdriftsoppfølging. Den stiplede streken angir dags dato, og viser på den måten hvordan aktiviteten ligger an i forhold til fremdriftsplanen. I figur 3.3 vil det si at "GBS fabrikasjon ligger etter skjema, "Modulfabrikasjon ligger foran skjema, mens "Dekk fabrikasjon" er på skjema. Hvilke aktiviteter som er avhengig av hverandre, dvs. hvilke aktiviteter som ikke kan starte før den andre har sluttet, er angitt ved lodrette piler (Rolstadås, 2011).



Figur 3.3: Forenklet Gantt-diagram (Rolstadås, 2011).

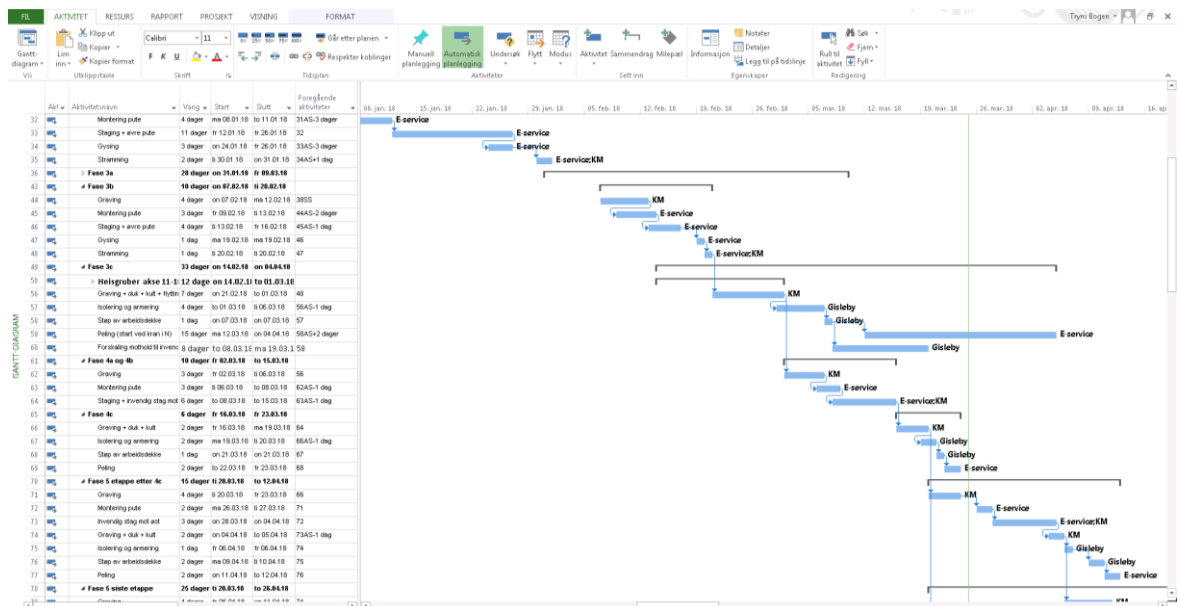
3.1.2 Kritisk vei og slakk

De fleste aktiviteter kan endres eller forsinkes uten at det har innvirkning på sluttdatoen for et prosjekt, det vil si at sluttdatoen på prosjektet blir forsinket. Dette er dog innenfor visse grenser som betyr at etter en viss tid med forsinkelser av en aktivitet, så vil forsinkelsen ha en påvirkning på prosjektets sluttdato. Serien av aktiviteter som tar mest tid, og dermed minst slakk, kalles for kritisk vei, eller kritisk linje. Med slakk så menes den tiden en aktivitet kan forsinkes uten at sluttdatoen forsinkes. Med positiv slakk har prosjektet fortsatt tid å gå på før det går utover sluttdatoen, mens negativ slakk indikerer at prosjektets sluttdato ikke vil bli overholdt (Larsen, 2004).

Fremdriften for aktivitetene på kritisk vei har umiddelbar innvirkning på om fastsatte milepæler eller prosjektets sluttdato oppnås (Rolstadås, 2011). En av de vanligste verktøyene i byggebransjen for organisering av de planlagte aktivitetene er Microsoft Project (MS).

3.1.3 Microsoft Project

Microsoft Project er et planleggingsverktøy for de fleste typer prosjektarbeid. Det inneholder funksjoner for håndtering av aktiviteter, sammenkobling av aktiviteter og ressurser samt loggføring av pågående aktiviteter. Det er også funksjoner for budsjettering som skal hjelpe planleggeren å estimere kostnader for prosjektet. I tillegg til planleggingsverktøyene er det også mulig å generere rapporter som kan være nyttige for videre planlegging og for styring av ressurser, tid og kostnader. Programmet kommer med standardmaler for prosjektplanlegging som generer Gantt-diagrammet (Microsoft, 2018).



Figur 3.4: Fremdriftsplan og Gantt-diagram i Microsoft Project.

3.2 BIM

Under Tevas Fagdag¹ beskrev utviklingsleder VDC, Gunnar Skeie (2017) i Kruse Smith, BIM som den største endringen i bransjen noen sinne. Det ble offisiell terminologi 1992, men allerede i 1957 ble første kommersielle programvare introdusert (Goubau, 2012).

Kort fortalt er BIM et verktøy og en arbeidsmetode for alle typer bygge- og anleggsprosjekter. National BIM Standard-United States definerer BIM på følgende måte:

"Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition."

(National BIM Standard-United States, 2018)

Ordet BIM er kanskje kjent for de fleste i byggebransjen uten at det nødvendigvis foreligger en full forståelse av hva det er en forkortelse for. Ordet er en fellesbetegnelse for en kombinasjon av fremgangsmåte, prosesser og teknologier for hele byggeprosessen og livssyklusen til et bygg. Det er alltid en modell til grunn ved bruken av BIM, men denne modellen må modelleres og håndteres. Ut ifra dette er BIM som regel en forkortelse for:

- Bygningsinformasjonsmodellering
- Bygningsinformasjonsmodell
- Building Information Management

Bygningsinformasjonsmodellering benyttes når det er snakk om arbeidsprosessen som kreves for å lage en modell. Dette er den naturlige første delen i prosessen, men også en viktig faktor gjennom hele byggefasen og livssyklusen til et bygg. Dette er fordi det som regel kommer endringer underveis som krever oppdatering av modeller.

Bygningsinformasjonsmodell er selve modellen av et bygg og kan nyttiggjøres i form av blant annet mengdeuttak, kollisjonskontroller og visualisering, og er som regel satt sammen av modeller fra flere forskjellige fag.

Building Information Management omhandler styringen av informasjonsutvekslingen, for eksempel ved modellbasert informasjon mellom personer og organisasjoner (Iversen, 2013).

Alle 3D-modeller er bygd opp av 3D-objekter. I en enkel konstruksjon som en garasje vil de fire veggene utgjøre fire forskjellige 3D-objekter. Disse kan ha samme geometri og inneholde samme informasjon basert på parametere som type vegg og leverandør. Garasjeporten, inngangsdøren, dekket og taket vil være fire nye 3D-objekter avhengig av detaljnivået på modellen. Et enkelt tak kan bestå av like mange 3D-objekter som det er takstein. Det er disse 3D-objektene som til sammen utgjør 3D-modellen.

Det som skiller BIM-modeller fra vanlige 3D-modeller, er muligheten til å knytte egenskaper og informasjon til objektene i modellen. Objektene skal være mulige å endre, ikke bare i form av geometri, men også egenskaper og informasjon. Det er ikke bare informasjonen som tegnes objektene i en modell som gjør at en modell kan defineres som en BIM-modell. Men

¹ Tevas Tekniske Fagdag er et dagsseminar med fokus på aktuelle tema innen energi, miljø og teknikk. Arrangeres av Tevas.

også informasjonen som kan hentes ut av BIM-modellene. Typen informasjon som tilknyttes modellene er kategorisert i forskjellige dimensjoner.

3.2.1 Dimensjoner

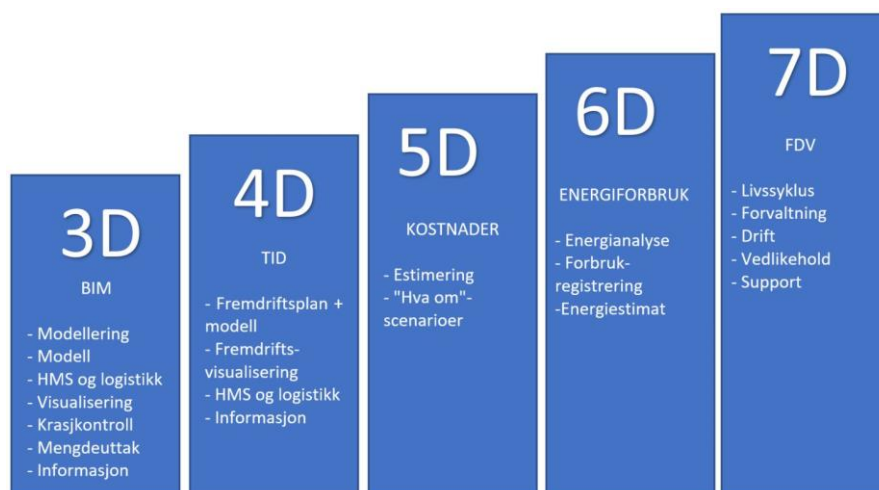
Den tredje dimensjonen (3D) er kanskje den mest kjente dimensjonen og omhandler prosessene i utviklingen av grafisk og ikke grafisk informasjon, samt delingen av denne informasjonen. Etter hvert som et prosjekt utvikler seg, øker mengden informasjon og blir mer detaljert. Informasjonen kan til slutt bli så detaljert at prosjektdataene kan bli overlevert til en eier ved ferdigstillelse (7D).

Den fjerde dimensjonen (4D) er tid. Dette betyr at BIM-modellen er lenket til en fremdriftsplan. Det vil si at objekter i modellen er lenket direkte til de tilhørende aktivitetene. Videre kan dette gi nyttig informasjon i form av fremdriftsvisualisering. I tillegg vil det være mulig å synliggjøre hvordan de forskjellige fasene i en fremdriftsplan påvirker hverandre. Den fjerde dimensjonen vil bli gjennomgått ytterligere i kapitel 3.2.4 BIM 4D.

Den femte dimensjonen (5D) er kostnader. Nøyaktig kostnadsestimering gjøres basert på informasjonen i 3D-objektene en BIM-modell består av. Estimeringen kan omfatte kapitalkostnader (kostnader ved å kjøpe og installere komponenter) samt tilhørende driftskostnader. Den omfatter også kostnader som omhandler vedlikehold, reparasjon og utskiftning utover i et byggs levetid. På denne måten kan kostnadsledere ekstrapolere mengden av en gitt komponent, og på bakgrunn av informasjonen estimere en samlet kostnad. Nøyaktigheten av estimeringen avhenger av kvaliteten og detaljnivået på BIM-modellen.

Den sjette dimensjonen (6D) er analyse av energiforbruk. Dette gjøres basert på volum og informasjon i BIM-modellen og kan resultere i en mer komplett og nøyaktig energiestimering i forprosjektfasen. Estimeringer i tidlige faser av et byggeprosjekt kan føre til lavere forbruk ved ferdigstillelse.

Den syvende dimensjonen (7D) er forvaltning, drift og vedlikehold (FDV). Denne dimensjonen blir ofte referert til som integrert BIM eller iBIM. Dette inkluderer informasjon for bruk i driftsfasen til et bygg. Denne kan inneholde informasjon om leverandører, vedlikeholdsinstrukser, installasjonsdato, levetid og annen driftsrelevant informasjon. Detaljert informasjon om konfigurasjon av tekniske installasjoner inngår også i denne dimensjonen (McParland, 2017).



Figur 3.5: BIM-dimensjonene

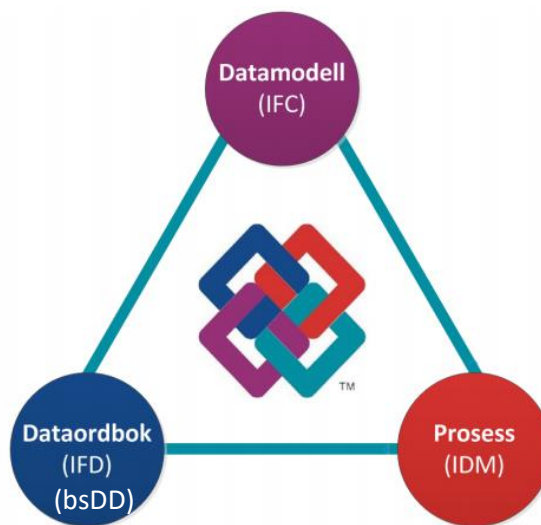
3.2.2 åpenBIM

Standardene åpenBIM er utviklet av ledene programvareleverandører i samarbeid med organisasjonen buildingSMART. buildingSMART beskriver seg selv som den eneste fagnøytrale, ikke-kommersielle organisasjonen som tar ansvar for at utviklingen av BIM skjer på åpne formater, tilpasset et marked for fri konkurranse. buildingSMART er en internasjonal organisasjon med til sammen 15 nasjonale avdelinger spredt over Europa, Nord-Amerika, Australia og Midtøsten, hvor av en ligger i Norge. BuildingSMART Norge beskriver sitt arbeid på følgende måte:

"buildingSMART utvikler og vedlikeholder standarder for digitalisering av byggenæringen på åpne formater, og har tre internasjonale standarder som beskriver og støtter byggeprosjekter. Disse er vesentlige for å klare å bruke åpenBIM i praksis."

(buildingSMART Norge, 2017).

Disse standardene består av Datamodell (IFC), Dataordbok (IFD) og Prosess (IDM).



Figur 3.6: Standardene i åpenBIM (buildingSMART Norge, 2017).

Datamodell IFC (Industry Foundation Classes) er et åpent filformat som muliggjør utveksling av komplekse modeller uavhengig av programvaren som brukes, og styrer i hovedsak geometri og overordnede egenskaper. Filformatet bygger på ISO 16739 (buildingSMART Norge, 2014).

Dataordbok IFD (International Framework for Data) er grunnlaget for terminologien som er felles i bruken av åpenBIM og gjør det på denne måten mulig for alle modeller å tolkes entydig av aktører og forhandlere. Denne dataordboken automatiserer og effektiviserer en rekke prosesser som FDV-dokumentasjon, produktsøk, produktspesifikasjoner og varehandel. Ved utveksling av informasjon på tvers av medlemslandenes grenser, sørger ordboken for at dette skjer uten feil og tap av data da ordbøkene er definert mot hverandre.

Dette vil i praksis si at åpenBIM-informasjon oversettes automatisk fra land til land. Dataordboken bygger på ISO 12006-3 (buildingSMART Norge, 2017).

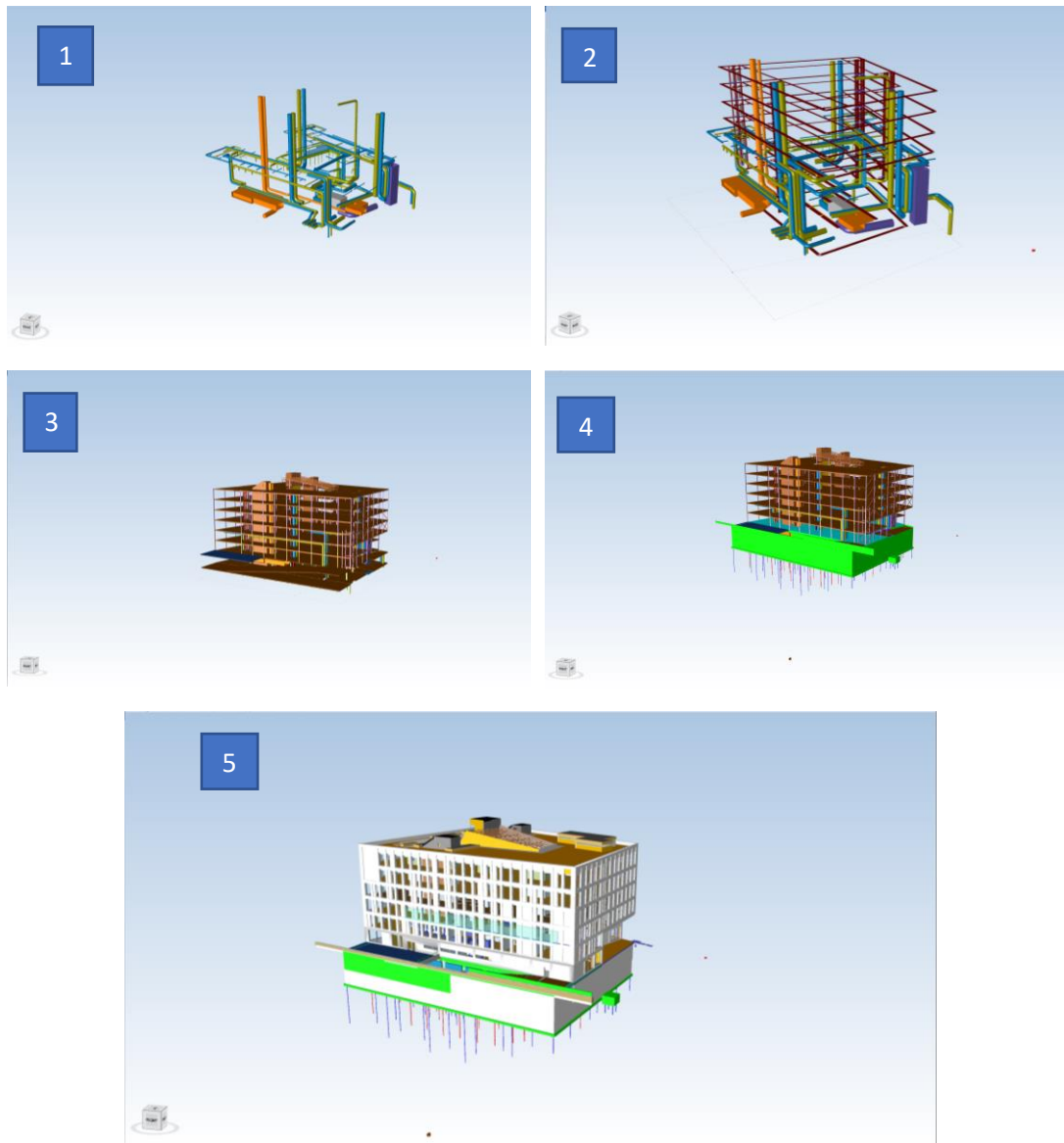
Prosess IDM (Information Delivery Manual) er en standardisert prosess og leveranse-spesifikasjon som beskriver aktører, prosedyrer og krav til leveranser i prosjekter. Denne beskrivelsen er viktig for å få alle fag som er tilknyttet et prosjekt til å jobbe effektivt sammen, og definerer ytelsene fra, og grensesnittet mellom fagene i prosjekter i form av standardiserte prosessbeskrivelser. Prosess-standarder bygger på ISO 29481 (buildingSMART Norge, 2016).

3.2.3 Tradisjonell fremgangsmåte for sammensetting av BIM-modell

I et byggeprosjekt vil de prosjekteringsansvarlige ha som oppgave å produsere en modell (IFC) for deres representative fag. VVS-entreprenøren lager en modell kun bestående av rør og andre komponenter som berører faget, basert på en 2D-tegning og koordinater gitt av en BIM-koordinator på prosjektet. Det samme gjelder de resterende fagene. Alle disse modellene blir satt sammen i det som resulterer i selve BIM-modellen for prosjektet.

Etter sammensettingen av modellen er det mulig å utføre kontroller for å se om bygningsinstallasjoner kolliderer, at rør og kabelbruer er plassert riktig i forhold til himling og andre praktiske utfordringer som tidligere ikke ble oppdaget før produksjonsfasen. Det er også etter denne sammensettingen av alle modellene at en visuell 3D-presentasjon av prosjektet er mulig. I programvarer som for eksempel Solibri kan en se på hele bygget, deler av bygget, eller gå igjennom bygget.

Figur 3.7 på neste side viser hvordan en slik fremgangsmåte kan se ut.



Figur 3.7: Tradisjonell fremgangsmåte for sammensetting av BIM modell

- Punkt 1 – VVS
- Punkt 2 – VVS + EL
- Punkt 3 – VVS + EL + Prefabrikkert (Hulledekker, betong og stål)
- Punkt 4 – VVS + EL + Prefabrikkert + Plasstøpt (Betong og peler)
- Punkt 5 – VVS + EL + Prefabrikkert + Plasstøpt + Arkitekt + tømmer

I tillegg kan modeller for rør og grunnforhold også tilkomme, basert på BIM-kravene på de forskjellige prosjektene. Punkt 5 viser den sammensatte modellen som utgjør prosjektets BIM-modell. Når disse modellene sammen linkes mot fremdriftsplanen har man beveget seg over i en 4D-modell.

3.2.4 BIM 4D

Opprinnelsen til den fjerde dimensjonen kan spores tilbake til slutten av 1980-tallet i et samarbeid mellom Bechtel² og Hitachi Ltd³ som utarbeidet programvaren "Construction CAE/4D Planner" (Rischmoller & Alarcon, 2002). Dette i tillegg til arbeidet til medarbeidere fra Stanford University som utviklet den opprinnelige teknikken for å produsere visuelle 4D-modeller. Disse tidlige versjonene benyttet kun enkle 3D-modeller med tidshenvisninger i modellen. Nyere 4D-verktøy gjør det mulig å inkorporere flere modeller og tidsplaner for sammenkobling mellom 3D-objekter og individuelle ressursbelastede aktiviteter (Gledson & Greenwood, 2016).

I en 4D-modell lenkes elementene i en 3D-modell til aktivitetene i en fremdriftsplan. Målet er å visualisere nøyaktig hva fremdriftsplanen innebærer ved å simulere de planlagte byggeaktivitetene, og i hvilken rekkefølge de skal utføres. På denne måten visualiseres fremdriften av konstruksjonen over tid (Rischmoller & Alarcon, 2002).

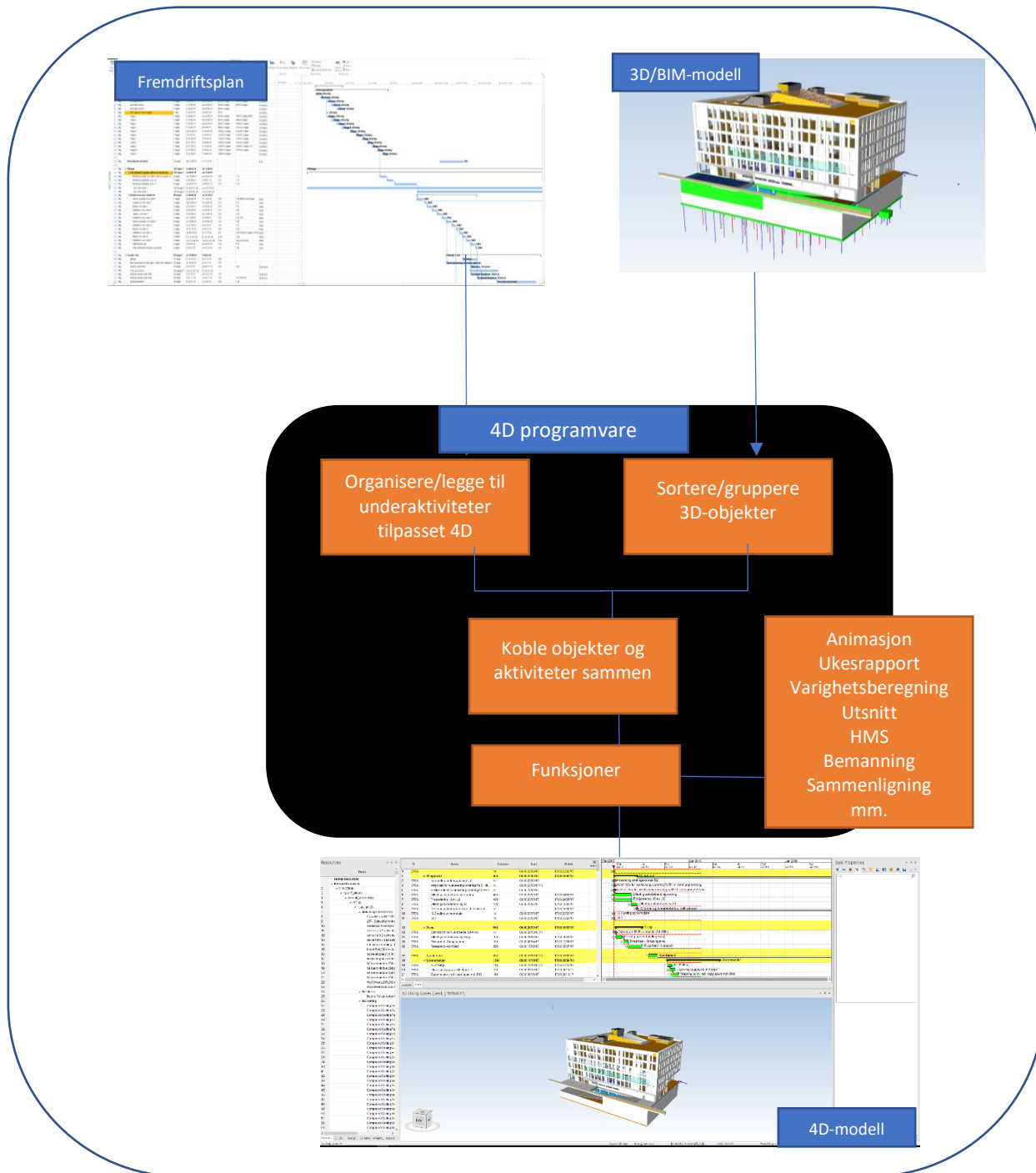
Konstruksjonsplanlegging med BIM 4D blir i økende grad benyttet i byggebransjen. Dette blir sett på som et naturlig steg videre fra BIM 3D. Arbeidet med å vise 3D-modeller over tid kan resultere i en halvering av unødvendig ressursbruk (Phair, 2000) i gjennomføringen av et prosjekt. BIM 4D kan fungere som et visualiseringsverktøy, et presentasjonsverktøy for kunder og som et verktøy for logistikkplanlegging på byggeplass. Men selv om det er en økende bruk av BIM 4D (Phair, 2000), er den fragmenterte utviklingen i byggebransjen en utfordring (Zhou et al, 2009).

Det foreligger ikke mange empiriske undersøkelser vedrørende fordelene ved BIM 4D (Gledson & Greenwood, 2016), men den tradisjonelle fremgangsmåten har ved flere anledninger blitt undersøkt og evaluert. Både Tulke & Hanff (2007) og Zhou et al. (2009) mener den tradisjonelle fremgangsmåten fortsatt er for tidkrevende. Dette begrunnes med det manuelle arbeidet som følger av sammenkobling mellom 3D-modell og aktiviteter i fremdriftsplan. Det foreligger verktøy for delvis automatisk sammenkobling men disse begrenser mulighetene for detaljering i programvaren.

Figur 3.8 på neste side viser den tradisjonelle fremgangsmåten ved produksjon av en 4D-modell.

² Bechtel er et globalt entreprenørfirma innen konstruksjon og prosjektledelse.

³ Hitachi Global er et globalt selskap som samler informasjonsteknologi og operativ teknologi for bruk i de fleste bransjer.



Figur 3.8: Tradisjonell fremgangsmåte for produksjon av 4D-modell.

4 Arbeidsprosesser i BetonmastHæhre

Dette kapitlet inneholder en kort introduksjon av oppdragsgiver og samarbeidspartner BetonmastHæhre. Kapitlet beskriver hvilke interne prosedyrer og metoder som ligger til grunn for dagens fremdriftsplanlegging, fremdriftsstyring og dagens bruk av BIM. Kunnskapen er relevant for å vurdere hvordan nye verktøy vil passe inn i eksisterende prosesser. Informasjonen i dette kapitlet kom frem gjennom intervjuer med anleggs- og prosjektledere, ansvarlig for bruken av BIM (BIM-sjef) samt datainnsamling fra BetonmastHæhre sitt interne styringssystem via intranettet.

4.1 BetonmastHæhre

BetonmastHæhre er et av Norges største og mest komplette entreprenørkonsern med virksomhet innen bygg, anlegg og eiendom, og er et resultat av fusjonen mellom Betonmast og Hæhre Isachsen Gruppen i 2017.

Hæhre Entreprenører AS ble grunnlagt i 1974 og har siden den gang etablert seg som en betydelig entreprenør innen vei- og anleggsutbygging. Vektleggingen på korte beslutningslinjer og en kultur for å aktivt ta del i løsningsorientert arbeid for oppdragsgiver, har resultert i selskapets solide utvikling.

Isachsen Gruppen ble etablert i 1986 med kompetanse som sitt viktigste konkurranseparameter, noe det fortsatt er, med sin styrke i det regionale anleggsmarkedet.

Betonmast Bygg ble etablert i 2006 med en grunnfilosofi om at verdier skapes i prosjektene gjennom dedikerte og kompetente medarbeidere, noe som har resultert i at selskapet har hatt en rask vekst.

I dag består BetonmastHæhre av tre forretningsområder, entreprenør, eiendomsutvikling og prosjektering. Forretningsområdet "entreprenør" er videre delt inn i seks divisjoner, Bygg, Infrastruktur, Anlegg, Anleggsgartner og Eiendom, samt BetonmastHæhre Sverige med kontorer i Gøteborg og Stockholm. Oppdragsgiveren for denne oppgaven er organisert under divisjonen Bygg (BetonmastHæhre, 2018).

4.1.1 BetonmastHæhre Romerike

Denne oppgaven er skrevet på oppdrag fra BetonmastHæhre Romerike, uten at det har gitt begrensninger på tilgang til kompetanse innad i konsernet.

Romerikeavdelingen er et av 13 selskaper som utgjør BetonmastHæhre Bygg. Med hovedkontor i Lillestrøm utfører selskapet oppdrag innen bolig, næring og rehabilitering med fokus på tilstedeværelse i lokalmarkedet, og har en prosjektportefølje bestående av kontorbygg, blokkleiligheter, flerbrukshaller, lager, butikklokaler og omsorgsboliger. Selskapet ble startet opp i 2009 og har i dag 40 ansatte og flere pågående prosjekter, blant annet et av verdens største innendørsanlegg for vinteraktiviteter. Virksomheten vektlegger et tett samarbeid mellom kunden og leverandøren i utvikling og gjennomføring av total- og generalentrepriser (BetonmastHæhre, 2018).

4.2 Fremdrift – teoretisk planlegging og styring i BetonmastHæhre

Ved planlegging av nye prosjekter foreligger det rutiner i det interne styringssystemet som skal ligge til grunn for videre arbeid, hvor de tre mest sentrale er "Veileder – Utarbeidelse av planer", "Planlegging i oppstartsfasen" og "Oppfølging planer i produksjonsfasen". Disse har som hensikt å ivareta god oppfølging og gjennomføring av de planer som blir utarbeidet, og inngår i virksomhetsprosessen "entreprenør".

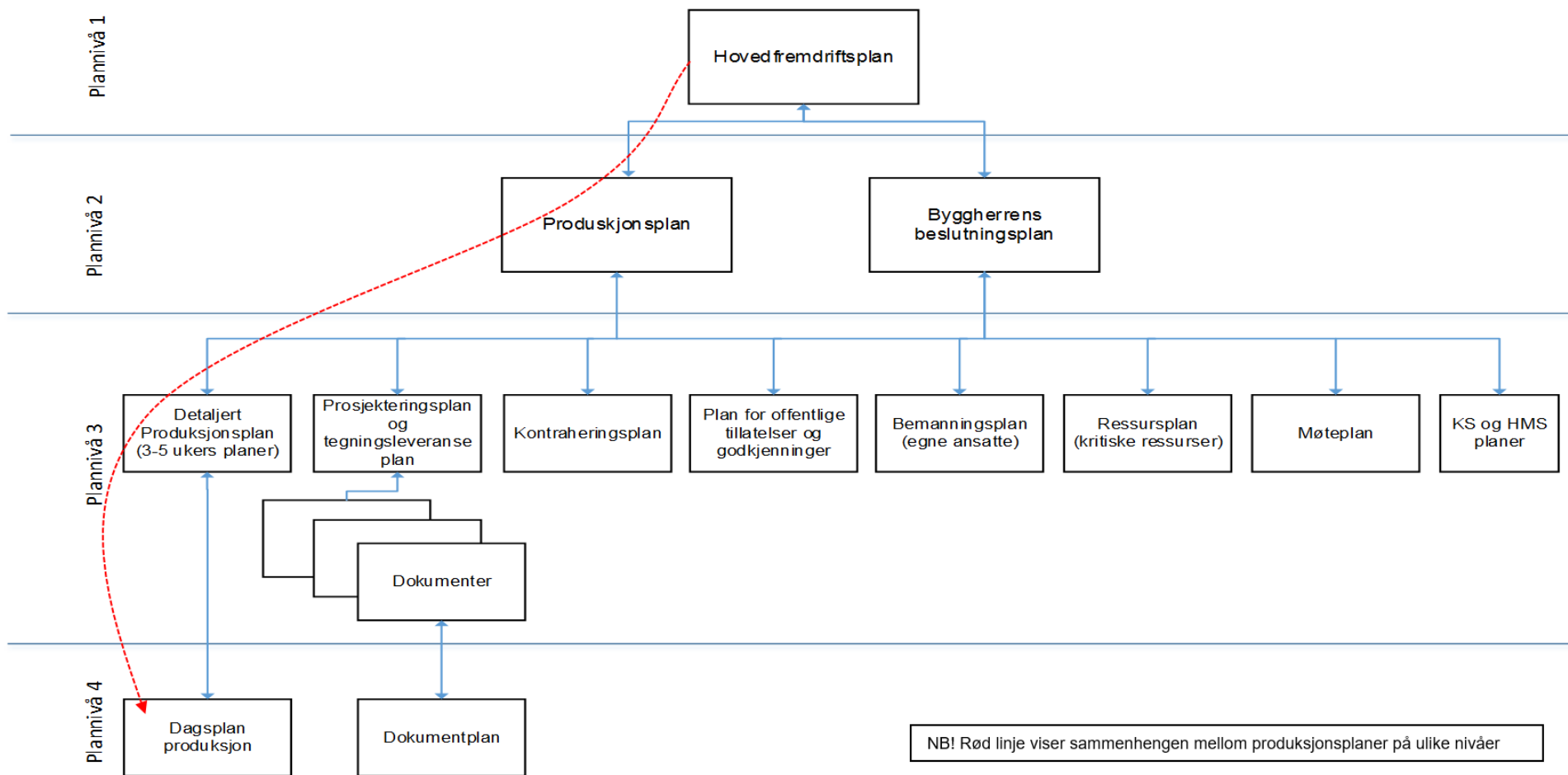
4.2.1 Veileder – Utarbeidelse av planer

Denne veilederen har som hensikt å vise sammenhengen mellom planer som skal opprettes i ett nytt prosjekt. Formålet er å sørge for at forpliktelser mot byggherre og offentlig myndighet blir ivaretatt. Omfanget av denne veilederen er løpende for alle selskapene i alle virksomhetene. For å få kontroll på samsvaret mellom planene har BetonmastHæhre etablert fire plannivåer.

4.2.1.1 Plannivåer

Tabell 4.1: Plannivåer i BetonmastHæhre (Basert på BetonmastHæhre styringssystemer, 2018).

Nivå	Plan	Beskrivelse
1	Hovedfremdriftsplan	Overordnet plan for alle deler og faser av prosjektet. Viser alle hovedaktiviteter med start- og sluttdato.
2	Produksjonsplan	<p>Med utgangspunkt i hovedfremdriftsplan nivå 1 skal prosjektleder utarbeide sin produksjonsplan (nivå 2).</p> <p>Planen skal omfatte alle produksjonsaktiviteter, (eventuell leverandørprosjektering) prefabrikasjon i verksted, bygging/montasjearbeid, testing/innregulering og utarbeidelse av sluttokumentasjon. Det skal være innarbeidet nødvendig slakk-tidsmarginer i planen som sikrer at produksjon når de kontraktfestede milepælene. Kontraktfestede milepæler skal vises i planene.</p> <p>Det skal være full overenstemmelse mellom aktiviteter i hovedfremdriftsplanen (nivå 1) og aktiviteter i styringsplanen produksjon.</p> <p>Planen må vise:</p> <ul style="list-style-type: none">• Estimert timeantall pr. aktivitet.• Arbeidsrekkefølger, viktige avhengigheter mot ulike deler av arbeidet og kritiske aktiviteter.• Slakk/tidsmarginer <p>Krav til detaljeringsnivå:</p> <ul style="list-style-type: none">• Planen skal ha et detaljeringsnivå som gjør den egnet som hjelpemiddel til å planlegge, organisere, styre og kontrollere utviklingen av kontraktsarbeid ved å sammenholde registrert faktisk fremdrift med planlagt fremdrift.
3	Detaljert produksjonsplan (3-5 ukeplan)	Planen skal være i samsvar med, og tilfredsstillende de samme kravene som produksjonsplanen (nivå 2), men ga ytterligere detaljering mht. arbeidsoperasjoner/aktiviteter og arbeidene. Planen skal inneholde slakk og tidsmarginer slik at produksjonsplanen (nivå 2) kan overholdes.
4	Dagsplan produksjon	Planen utarbeides der det er behov for utstrakt koordinering av aktiviteter. Benyttes i hovedsak ved egenproduksjon, men kan være relevant i andre sammenhenger.



Figur 4.1: Plannivåer i BetonmastHæhre (BetonmastHæhre styringssystem, 2018).

4.2.2 Planlegging i oppstartsfasen

Denne rutinen med tilhørende hjelpemidler skal sikre at alle de nødvendige planene utarbeides i oppstartsfasen av prosjektet. Planene som utarbeides i oppstartsfasen danner grunnlaget for detaljering, oppfølging og korrigerende i produksjonsfasen.

Prosjektleder har ansvaret for at alle relevante planer utarbeides innenfor fastsatte frister samt koordineringsansvar dersom behov for endring av planer i produksjonsfasen. Delegering av ansvaret for utarbeidelse av enkeltplaner skal fremgå klart av intern ansvarsmatrise.

Alle planer skal identifisere kritiske aktiviteter, milepæler og ledetider. Ansvar og frister for utarbeidelse av planer skal tydelig fremkomme på "sjekklister etablering nytt prosjekt". Ansvar for vedlikehold av planene skal fremkomme i intern ansvarsmatrise.

Følgende tidsavhengige planer skal være utarbeidet før oppstart produksjon:

- Hovedframdriftsplan
- Prosjekteringsplan og tegningsleveranseplan
- Plan for offentlige tillatelser og godkjenninger
- Byggherrens beslutningsplan
- Kontraheringsplan
- Bemanningsplan for egne ansatte
- Ressursplan for kritiske ressurser

I tillegg skal følgende planer som ikke er tidsavhengige være etablert i prosjekt før oppstart:

- Arkivplan
- Møteplan
- Verneplan
- Kvalitetsplan
- Produksjonskodeplan tilpasset prosjekt
- Betalingsplan

Alle planer må løpende oppdateres (hvis endring) og avhengigheter mellom planene må avklares.

4.2.3 Oppfølging planer i produksjonsfasen

Denne rutinen er ment å være førende under hele produksjonsfasen, og skal sikre at alle de nødvendige planene som er utarbeidet i oppstartsfasen oppdateres, følges opp og korrigeres i produksjonsfasen. Rutinen understreker at enkelte av planene utarbeidet i oppstartsfasen må detaljeres i produksjonsfasen slik at de kan brukes som daglige styringsverktøy og er løpende i hele produksjonsfasen. Den beskriver endringer i planer som like kritisk som å etablere planene for første gang, med henvisning til "Veileder – Utarbeidelse av planer" og "Planlegging i oppstartsfasen".

4.3 Fremdrift – planlegging og styring i praksis i BetonmastHæhre

Med de interne styringsdokumentene til grunn er det videre variasjoner i utførelsen avhengig av bemanning og størrelse på de enkelte prosjektene.

Planleggingen er en del av hele prosjektet, og ligger som regel klar ved begynnelsen av innkjøp, men det er et levende dokument som endres etter som flere underentreprenører kommer på banen. Byggherren angir ofte en oppstartsdato og en sluttfrist som tilbyderne forholder seg til. Utfra dette er det opptil tilbyder/entreprenør å vurdere om tiden er tilstrekkelig eller alt for god. Tilbyder lager så en grov plan som forteller byggherren hvordan man skal komme i mål til angitt tid. Ved kontraktinngåelse er tiden for planlegging gitt av oppstartsdato for produksjonen.

Tegninger ligger ofte til grunn for utarbeidelsen av hovedfremdriftsplanen, for å få et bilde av kompleksitet og forståelse av hva som skal bygges. Videre involveres både underentreprenører og andre personer i intern prosjektgruppe for utarbeidelse av de øvrige plannivåene.

Styringen foregår stort sett ved hjelp av internmøter, faste fremdriftsmøter med UE og jevnlig befarings av byggeplass samt særmøter i drift der hvor behovet oppstår. Fremdriftsplanene blir både utført, endret og styrt i MS-Project, hvor anleggsleder som regel har hovedansvaret. Der hvor kompetansen er tilstrekkelig brukes også BIM-modellen aktivt i fremdriftsstyringen som et verktøy under fremdriftsmøter for visualisering.

4.4 BIM i BetonmastHæhre

Det er i dag ingen krav til BIM på prosjektene, med mindre det er et krav fra byggherre, men det diskuteres på konsernnivå hvorvidt og eventuelt når det skal stilles et krav som gjelder for alle selskapene i BetonmastHæhre. Måten BetonmastHæhre er organisert på, med flere selskaper, gjør at hvert selskap har sitt eget nivå og kan ut ifra det bestemme hvilket nivå hvert enkelt prosjekt skal ligge på med tanke på BIM. Dette bestemmes ut ifra kompetanse og satsning innad i det enkelte selskapet. Et selskap kan ha som krav om at alle nye prosjekter skal være BIM-prosjekter, mens et annet selskap ikke innehar nok kompetanse eller store nok jobber til å kunne stille seg selv det samme kravet.

Ved de prosjekter som defineres som BIM-prosjekt, legger BetonmastHæhre sin egen BIM-manual til grunn for krav og detaljnivå. Når et prosjekt blir definert som BIM-prosjekt, trer BIM-manualen i kraft og legges ved kontrakten til de prosjekterende for å ivareta at de krav som stilles blir fulgt. Videre er det BIM-koordinator på prosjektet som følger opp mot de prosjekterende i samarbeid med prosjekteringsleder.

Det er også kompetansen som avgjør i hvilken grad BIM blir brukt, men på generell basis brukes BIM til kollisjonskontroll og visualisering. Det er også selskaper som bruker Synchro Pro til 4D, med fokus på visualisering og den daglige produksjonen, uten at det per i dag har erstattet et system eller metode for fremdriftsplanlegging og oppfølging.

Flere av prosjektene i regi av BetonmastHæhre har også testet ut BIM-kiosker. Dette er en tjeneste som bestilles fra ekstern leverandør.

5 Prosjektet Østensjøveien 16

Dette kapitlet inneholder kort presentasjon av prosjektet Østensjøveien 16 og tar for seg planleggingsprosedyrene brukt ved prosjektet.

5.1 Prosjektet

Prosjektet innebærer rivning av eksisterende kontorbygg på ca. 4.500 KVM samt oppføringen av nytt kontorbygg. Nybygget er på seks etasjer over to kjellere med parkering, tekniske rom og garderober. Kontorbygget over kjelleren består av to fløyer og et atrium. Plan 1 inneholder resepsjon, lobby, kafe og kontorer. Videre inneholder plan 2-6 kantine, kontorer og tilhørende wc-kjerner og utgjør sammen med plan 1 et totalt areal på ca. 10.000 KVM BRA (plan 1-6). Utendørsanlegg skal etableres rundt bygget og på grønn takterrasse.



Figur 5.1: Illustrasjon av Østensjøveien 16 (Ferd Eiendom, 2018).

Rammekrav til kontorbygg skal tilfredsstillte TEK 10 (2016) § 14-2(1). Krav til energieffektivitet er også gitt av BREEAM-klassifiseringen "Very Good".

Prosjektet gjennomføres som en samspillsentreprise med Ferd Eiendom som byggherre med planlagt overlevering er høsten 2019.

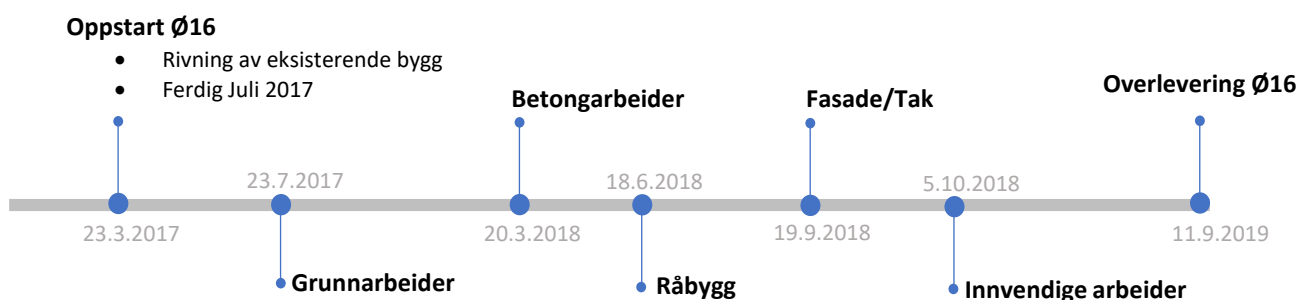
Grunnforholdene har vært en utfordring i produksjonsfasen av prosjektet. Bløte masser samt påføringen av en ekstra etasje som gjorde dybden større førte til at et av nabobyggene begynte å synke. For å minimere setninger i grunn har utgravningen blitt gjort etappevis, noe som har ført til en forsinkelse av fremdriften.

5.1.1 Fremdrift – planlegging og styring på Ø16

Fremdriften blir planlagt i MS-Project med utgangspunkt i opprinnelig fremdriftsplan som lå vedlagt i anbudsfasen fra byggherren. Denne fremdriftsplanen ble utarbeidet for å kunne gjøre et estimat, og inneholder overordnede aktiviteter per etasje med grove varighetsestimater. Videre ble fremdriftsplanen utarbeidet med kalkylearket som bakteppe. Tid og varighet bestemmes på bakgrunn av byggherres grove fremdriftsplan, ut ifra erfaring og normaltall fra det gjeldene faget. Dette settes opp grovt og når UE er kontrahert blir de involvert i fremdriftsplanen for å samkjøre og å se at den gitte tiden er overkommelig, og på den måten skape en omforent fremdriftsplan. Dette samarbeidet gjør at en enten må legge til dager, trekke fra dager, eller at UE må sette inn flere ressurser til de planlagte aktivitetene.

Den første delen av planleggingen foregikk i forbindelse med utarbeidelse av tilbudet. Etter kontraktsinngåelse ble resterende tid til planlegging gitt av byggherres oppstartsdato. I dette tilfelle ble det også tid til planlegging av nybygg under rivingsfasen som pågikk i ca. 65 dager.

Rivningsarbeidene ble ferdigstilt juli 2017 og grunnarbeidene hadde oppstart juli 2017. Ved dato for oppstart av oppgaven, 08.01.2018, var grunnarbeidene i gang og planlagt ferdig 24.04.2018.



Figur 5.2: Milepæler på prosjektet Østensjøveien 16.

5.1.2 Plannivåer og ansvar

Fremdriftsplanen er delt inn i følgende deler:

- **Hovedfremdriftsplanen** – Grovt oppsatt med hovedstart- og sluttdatoer for overordnede aktiviteter.
- **Produksjonsplanen** – Går ned på detaljnivå og beskriver aktivitet med varighet og tilkobling til andre aktiviteter. Et levende dokument som detaljeres mer etter produksjonens gang.
- **Prosjekteringsplan** – Utarbeides av prosjekteringsleder i samarbeid med anleggsleder for å samsvare med produksjonsplanen. Denne sørger for at beslutninger fra byggherren blir tatt tidnok med tanke på prosjektering og utførelse. Det er også denne planen de prosjekterende følger for levering av grunnlag og arbeidstegninger tidnok.

Det er anleggsleder som har hovedansvaret for hovedfremdriftsplanen og produksjonsplanen, og koordinerer denne i samarbeid med intern prosjektgruppe, underentreprenører og byggherre. Kontraktene mellom entreprenør og underentreprenør er utarbeidet av prosjektleder, og inneholder tidsfrister for de planlagte aktivitetene. Prosjekteringsplanen utarbeides av prosjekteringsleder i samarbeid med anleggsleder, hvor prosjekteringsansvarlig sitter med hovedansvaret for planen.

Fremdriften blir styrt ved hjelp av ukentlige fremdriftsmøter og daglig samtaler med de involverte samt internmøter. Av verktøy brukes Solibri for å vise BIM-modellen og MS-prosjekt for å vise fremdriftsplanen under fremdriftsmøtene. Anleggsleder er ansvarlig for fremdriftsmøtene, samt innkalling og referat.

5.2 BIM på prosjektet Østensjøveien 16

Det har ikke i vært et krav fra byggherren om BIM på prosjektet. Derimot har BetonmastHæhre Romerike satt krav til de prosjekterende. Disse kravene går ut på at de prosjekterende skal følge BIM-manualen til BetonmastHæhre ved prosjektering. I tillegg ble detaljgrad avklart under tidlige møter. Detaljgraden sier at det som skal på 1:50 tegninger skal modelleres. Detaljer utover dette kan levers som 2D-tegninger, men geometri som har konsekvens for andre prosjekterende må inn i modellen. Det er intern BIM-koordinator som har ansvaret for sammensettingen av modeller og utføringen av modellkontroll. De prosjekterende har ansvaret for egne modeller samt tverrfaglige og interne kontroller. Modellene som faller inn under BIM-kravene på prosjektet kommer frem av tabell 5.1.

Tabell 5.1: Modeller underlagt BIM-krav på prosjektet Østensjøveien 16.

Modeller underlagt BIM-krav på Ø16	
Prosjekterende	BIM-koordinator
ARK	Spunt
RIB	Grunn
RIBp	Tårnkran
RIV	
RIE	
RIS	
FAS	

5.2.1 Bruksområder og styring av BIM

BIM brukes hovedsakelig til kollisjonskontroller og visualisering, hvor visualiseringen har flere bruksområder. Modellen har og blir brukt til å visuelt forklare oppbygning og løsninger under møter, avklaringer mellom aktører og endringer som oppstår underveis. I tillegg har modellen blitt brukt til noe mengdeuttak. Det er også under vurdering hvilke verktøy og metoder som skal brukes for å formidle BIM på byggeplassen. Dette vil bli mer aktuelt lengre ut i produksjonen.

Styringen av alt BIM-relatert informasjon skjer i Tegningsleveranse- og modellkontrollplanen. Dette er et nytt egenprodusert dokument i BetonmastHæhre Romerike og implementeres i skrivende stund på prosjektet. Dette er en oversikt over når arbeidstegninger skal leveres og når beslutninger samt modellkontroller skal utføres. Denne tar utgangspunkt i fremdriftsplanen og går lagvis bakover fra arbeidstegninger til modellkontroll, som vist på figur 5.3. Ut ifra dette dateres beslutninger og modellkontroller. Selve teningsleveranse- og modelkontrollplanen styres av BIM-koordinator og prosjekteringsleder på prosjektet. Det er viktig å bemerke seg at denne enda ikke er fullt implementert og det er derfor vanskelig å si noe om effekten av den på dette tidspunktet.

Videre er BIM-modellen en viktig del av innkjøp. Den brukes til å ta utsnitt og bilder av det en tilbyder skal gi pris på, og ved behov, kan hele BIM-modellen sendes til tilbyder. Den fungerer også som et grunnlag for avklaringer under avklaringsmøter.

5.2.2 Utfordringer med BIM på prosjektet Østensjøveien 16

Det har vært en del endringer av det opprinnelige bygget. Det vil si at en av leietakerne som skal inn i bygget etter overlevering har stilt en del krav. Dette har resultert i en del endring av planløsninger og utstyrs plasseringer, noe som har vært krevende. Det er vært mye usikkerhet rundt hvilke maskiner som skal brukes og ikke. Dette har satt hold på mye av prosjekteringen som igjen har skapt forsinkelser for andre prosjekterende.

I tillegg var det i forprosjektet prosjektert etter UTM-koordinatsystemet. UTM (Universal Transverse Mercator) er det universelle koordinatsystemet i verden og angir posisjoner på jordoverflaten. Når Betonmast Hæhre Romerike overtok detaljprosjekteringen ble det bestemt å gå over til NTM-koordinatsystemet. NTM (Norsk Transversal Mercator) er et koordinatsystem laget for bygge- og anleggsbransjen i Norge, og er et supplement til UTM. NTM har et mindre avvik som er å foretrekke i bygge- og anleggsprosjekter. Denne endringen resulterte i en forskjell i rotasjon, skalering og koordinater til plasseringen av de originale modellene.

5.2.3 Fordeler med BIM på prosjektet Østensjøveien 16

Underveis i prosjektet har BIM gitt innsikt i flere utfordringer som kunne vært vanskeligere å oppdage i tradisjonelle 2D-tegninger. I tillegg til dette er BIM et viktig verktøy for visualisering og samhandling på prosjektet. Mye av de feil og utfordringer ved bygget oppdages i modellen. I forkant av utførelsen av planlagte aktiviteter har BIM også blitt brukt aktivt for å visualisere arbeidssoner for å spesifisere hvor i bygget, eller byggegruppen, aktiviteten skal utføres, slik at misforståelser kan avdekkes før aktiviteten er påbegynt.

I tillegg gjør det innkjøpsprosessen mer effektiv og mindre komplisert. Tilbydere kan enklere få en forståelse av hva de skal gi pris på og hvordan arbeidet de skal utføre må gjøres. Dette gjør at de tilbydere det skrives kontrakt med kommer bedre forberedte som følge av et bedre grunnlag.

6 Den fjerde dimensjonen på Østensjøveien 16

Dette kapitlet inneholder en beskrivelse av den anvendte programvaren samt fremgangsmåten for den praktiske anvendelsen av Synchro Pro. I tillegg vil det bli presentert hvilke funksjoner som ble funnet nyttige under utprøvelsen av programvaren på prosjektet. En mer detaljert beskrivelse på hvordan noen av de utprøvde funksjonene utføres ligger som **vedlegg A4**.

6.1 Anvendt programvare – Synchro Pro

Synchro Software ble etablert i Birmingham, England i 2001 med et hovedmål om å forbedre byggeindustrien med digitaliserte verktøy via sin digitale 4D-konstruksjonsplattform. Denne plattformen består av fem programvarer:

Synchro **PRO** (Synchro Professional) er en programvare for visuell prosjektstyring, som vil si at fremdriftsplanen kan utarbeides og følges opp, samt knyttes til en 3D-modell i en og samme programvare. Det er dette som utgjør en 4D-modell. Det grunnleggende med PRO er den visuelle fremvisningen av fremdriften. 3D-modellen følger fremdriftsplanen og skal alltid gjenspeile den planlagte fremdriften for et prosjekt. Dette muliggjør også å produsere fremdriftsanimasjoner for fremvisning til kunder eller andre involverte aktører. Planleggingsdelen i PRO er integrert i form av Synchro SCH.

Synchro **SCH** (Synchro Scheduler) er et rent planleggingsverktøy for en prosjektplanlegger. I tillegg til å opprette aktiviteter muliggjør SCH beregninger av varigheter ved gitt produksjonsrate og mengder. Denne programvaren inneholder også "CPM-maskin" som kalkulerer start- og sluttdatoer samt kritisk vei. I SCH har en mulighet til å opprette flere kalendere med forskjellige fremdrifter for sammenligning og vurdering av den mest lønnsomme fremdriften.

Synchro **SWP** (Synchro Workgroup Project) er en database som koordinerer tilgangen til informasjon og data i et prosjekt, slik at prosjektmedlemmene kan arbeide i samme fil på samme tid og i alle programmene. Dette er for å sikre at alle deltakere til enhver tid har den nyeste informasjonen tilgjengelig på prosjektet. Dette er et prosjekthotell.

Synchro **SITE** er en applikasjon kompatibel med iPad eller en HoloLens*. Den gjør det mulig å følge opp og sammenligne aktiviteter og ressurser på byggeplass opp mot 4D-modellen. Dette kan gjøres ved hjelp av filtreringsverktøy som gir en mulighet til å se på deler av et bygg, en etasje eller kun enkelte bygningsdeler som for eksempel vinduer og dører. Samtidig lar den brukeren registrere, endre og legge til ny informasjon som automatisk oppdaterer prosjektets 4D-modell i PRO, da denne også er lenket til SWP.

Synchro **OVR** (Synchro Open Viewer) er en fremviser på lik linje med Solibri. I denne programvaren kan prosjektdeltagere, interne og eksterne, se gjennom modellen på et hvilket som helst tidspunkt i prosjektet. OVR kan utføre kollisjonskontroller og generere avviksrapporter, samt legge til fargekoder og bedriftsnavn. Alle rapporter samt Gantt-diagrammet kan eksporteres som PDF for deling.

Synchro **LINK** sørger for kommunikasjon mellom programvarene og applikasjonene. LINK er basert på API (Application Programming Interface) som er dataprogrammering for protokoller og verktøy brukt i utarbeidelsen av programvarer i applikasjoner. (Synchro Software, 2018).

I denne oppgaven er det tatt i bruk tre av de overnevnte programvarene, med hovedvekt på PRO. De to øvrige programvarene brukt i denne oppgaven er SCH, som en integrert del av PRO, og OVR.

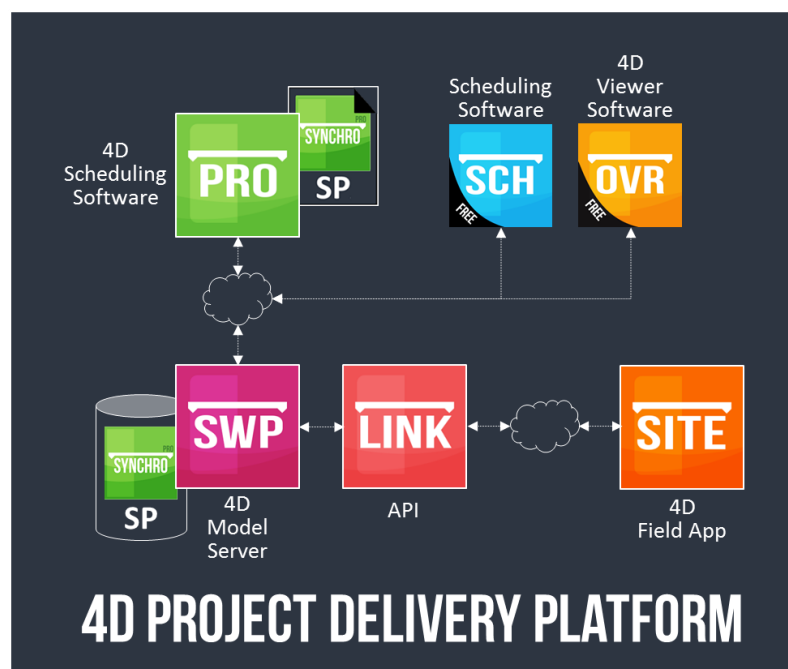
PRO er et stort og komplisert program med mange forskjellige funksjoner og mange forskjellige metoder for å løse samme problem på. Det ble derfor valgt å fokusere på de helt grunnleggende funksjonene i programvaren, og fremgangsmåten som har blitt brukt for å løse denne oppgaven i dette kapittelet.

Informasjonen som blir beskrevet i dette kapittelet er basert på online-kurset som ble gjennomført i startfasen og egne erfaringer gjennom prøving og feiling, samt Synchro Software sine hjemmesider. Det er viktig å ta hensyn til den tilgjengelige tiden for denne oppgaven, som begrenset tiden til å bruke programvaren og tiden til å tilegne seg praktisk kunnskap om programvaren. Dette kan ha resultert i feilaktig fremstilling av løsninger, funksjoner, beskrivelser og fremgangsmetoder. Det er derfor viktig å legge vekt på at beskrivelser og vurderinger som fremkommer er basert på disse forutsetningene.

Videre er det viktig å ha oversikt over hvordan ulike objekter, faktorer og ressurser er kategorisert i programvaren. I PRO er BIM-modellene/IFC-filene kategorisert som en samling 3D-objekter, kalt "ressurser" (evt. Resources). Ressurser er et fellesbegrep for alt som kan brukes i fremdriftsplanen. I PRO er ressurser igjen kategorisert i "Human", "Equipment", "Location" eller "Materials". En ressurs er ikke avhengig av å ha en 3D-presentasjon.

Begrepene varierer fra ulike programvarer, men tjener samme funksjon. For enkelthetskyld vil det i denne oppgaven bli brukt "objekter" om ulike 3D-ressurser, med mindre noe annet er spesifisert.

Prisen for hele plattformen til Synchro Software er NOK 88.421,- i året etter dagens kurs. Denne prisen inneholder en lisens til Synchro Pro, et prosjekthotell (SWP) med en dag opplæring og teknisk igangkjøring. I tillegg vil online kurs bli tilgjengelig (Synchro Software, 2018).



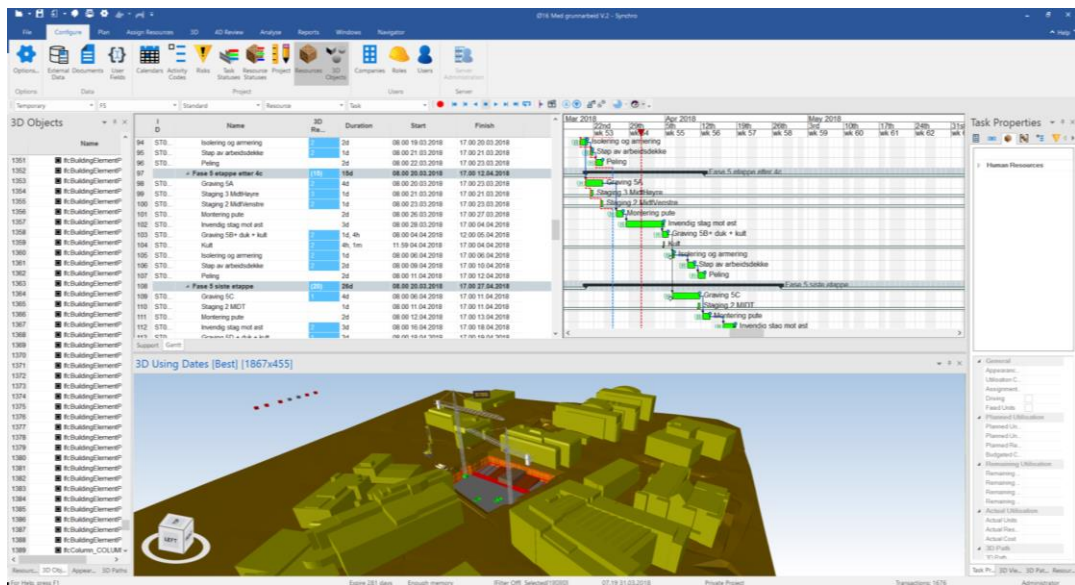
Figur 6.1: Synchro Software plattform (Synchro Software, 2018).

6.2 Fremgangsmåte

I denne oppgaven er Synchro Pro blitt testet på et pågående prosjekt. Forsøket gikk ut på å prøve ut forskjellige funksjoner i programvaren for å avdekke eventuelle nyttige funksjoner som kan være av verdi for oppdragsgiver. Det startet med et online-kurs i regi av programvareleverandøren for å tilegne seg nødvendig basiskunnskap. Videre ble det satt av tid til prøving og feiling i programvaren, i samarbeid med BIM-kordinator og anleggsleder på prosjektet. Dette arbeidet gikk ut på å importere IFC-filer (BIM-modeller) fra de forskjellige fagene inn i Synchro PRO, samt importering av opprinnelig fremdriftsplan. Dette ble gjort først for å tidligst mulig kunne tilegne seg kunnskap om programvaren og for å starte bruken av programvaren på prosjektet så tidlig som mulig for å kunne evaluere effekten over lengre tid. Det ble tidlig valgt å kun fokusere på de aktivitetene som pågikk under tiden for utarbeidelsen av denne oppgaven. Aktivitetene som pågikk under denne perioden var grunnarbeider og startfasen av betongarbeider.

Programvaren ble videre brukt aktivt i samarbeid med BIM-kordinator og anleggsleder under hele perioden, både til intern planlegging og under fremdriftsmøter med UE. Dette for å avdekke nyttige funksjoner i den daglige driften. Etter seks uker med aktivt bruk av programvaren, både internt og under fremdriftsmøter, ble det gjennomført intervjuer med de involverte aktørene for å få en tilbakemelding på bruken. Funnene fra disse intervjuene vil bli presentert i dette kapittelet.

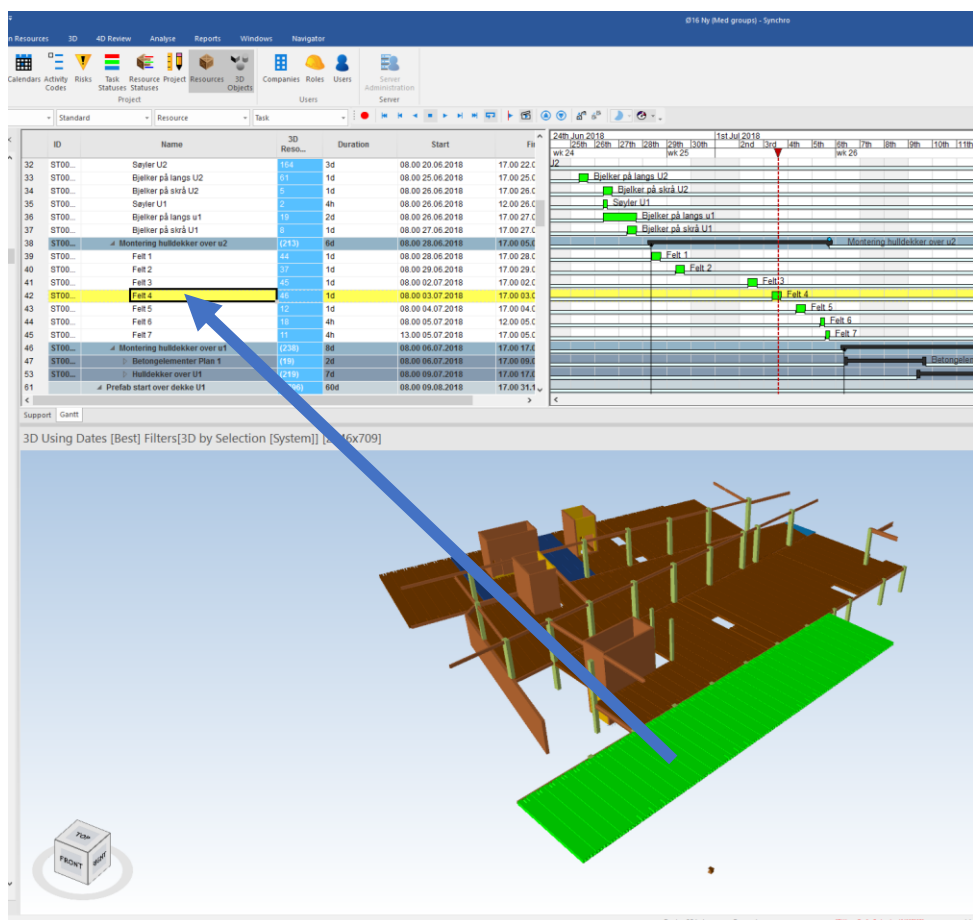
Programvaren tilbyr to løsninger for fremdriftsplanen. Den kan opprettes og utarbeides i programvaren og den kan importeres som XML-fil⁴ fra annen programvare for planlegging. Som nevnt i kapitel 5. *Prosjektet Østensjøveien 16*, ble fremdriftsplanen på dette prosjektet utarbeidet i MS-Project. Synchro PRO har et enkelt og lett brukergrensesnitt som vist i figur 6.2. Programvaren muliggjør en rekke forskjellige løsninger noe som skaper mange vinduer og faner som tar mye skjermplass.



Figur 6.2: Brukergrensesnitt Synchro PRO.

⁴ XML er et markeringsspråk som brukes til å definere spesialiserte språk for spesifikke behov, og utgjør en standardisert måte for forskjellige programvarer og applikasjoner å kommunisere på.

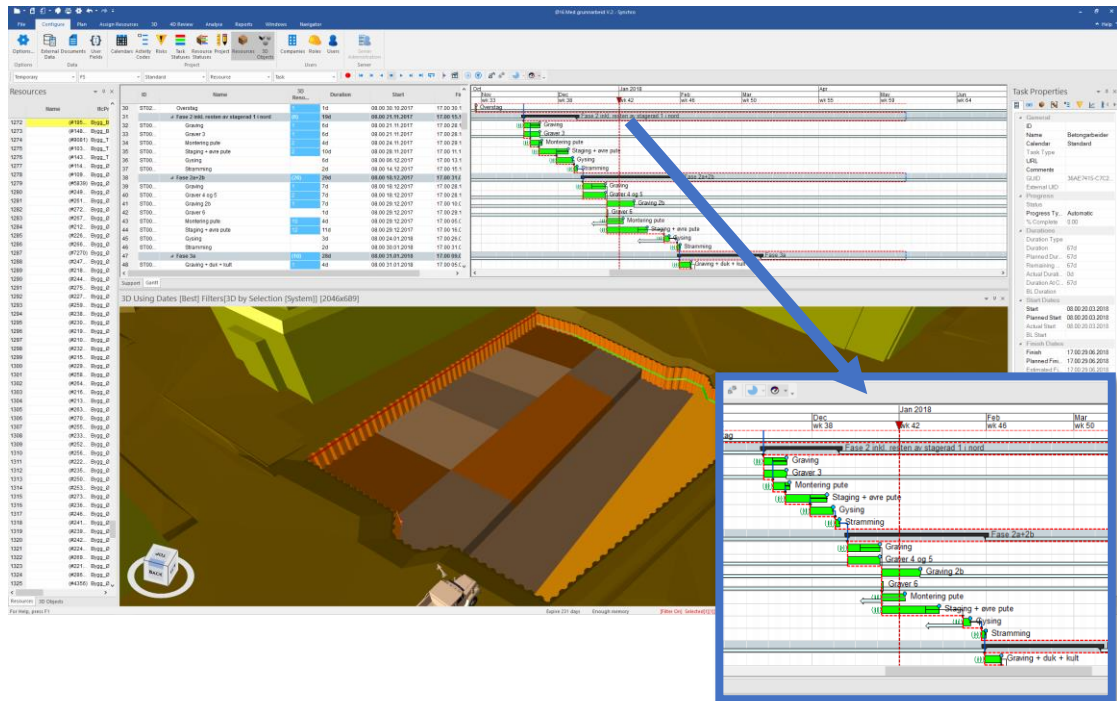
Som nevnt tidligere startet arbeidet med å importere både fremdriftsplanen og IFC-modellene. Fremdriftsplanen ble eksportert som XML fra MS-Project, før den ble importert i Synchro Pro. Etter dette ble de tre IFC-modellene importert. Når IFC-modellene var importert var det nødvendig å organisere de forskjellige modellene på en slik måte at de enklere kunne knyttes til fremdriftsplanen. Dette ble gjort ved hjelp av en rekke verktøy i Synchro PRO. Disse verktøyene gjør det mulig å gruppere objektene i IFC-modellene for å enklere kunne koble dem til aktivitetene i fremdriftsplanen. Objektene i IFC-modellen må kobles til fremdriftsplanen for at 4D-modellen skal kunne visualisere fremdriften. Denne sammenkoblingen er tidkrevende da den består av å manuelt gruppere objekter sammen for så å koble de til de tilhørende aktivitetene. Grunnen til at dette er tidkrevende er at IFC-modellene viser bygningsdelen ved ferdig bygg. Det vil si at IFC-modellen for hulldekkene viser hulldekkene ferdig montert. Men i en 4D-modell skal monteringen visualiseres. Dette gjør at en først må gruppere hulldekkene etter for eksempel etasje eller felt. Da må hulldekkene som representerer første etasje isoleres, for så å grupperes. Når gruppen som definerer hulldekker for første etasje eller et felt er opprettet, kan den kobles sammen med aktiviteten i fremdriftsplanen som representerer montasje av hulldekker i første etasje. Dette må så gjøres videre for enten hver etasje, hvert felt, eller hele bygningsdeler avhengig av hvilken detaljgrad 4D-modellen skal ha. Figur 6.3 viser hvordan et felt med hulldekker er gruppert som "felt 4", og koblet til aktiviteten i fremdriftsplanen som representerer montasjen av felt 4. Objektene kan også direkte kobles til fremdriftsplanen uten å grupperes først, men dette skaper et lite oversiktlig prosjekt, hvor redigering blir svært komplisert.



Figur 6.3: Sammenkobling av objekter og aktiviteter.

Det er også funksjoner i Synchro PRO som gjør det mulig å "Auto-Matche" objekter og aktiviteter. Denne funksjonen vil automatisk lenke ressurser til aktiviteter ved hjelp av egendefinerte filtre og søkereglene, som vil resultere i en "match" mellom ressurs og aktivitet. Hvorvidt en ressurs og en aktivitet "matcher" avgjøres av ressurs-navn, aktivitets-navn, aktivitets-ID eller aktivitet-kommentar. Dette gjør at det er mulig med en rekke forskjellige kombinasjoner og metoder for å utføre et søk etter "matcher", noe som krever en kompleks og innviklet operasjon basert på informasjon gitt av brukeren, og krever tid for å skaffe en oversikt over slik at funksjonen kan nyttiggjøres. Dette virker som den mest kompliserte måten å lenke sammen aktiviteter og ressurser på, men blir beskrevet av Synchro Software som den raskeste. I denne oppgaven lyktes det ikke å få denne funksjonen til å fungere.

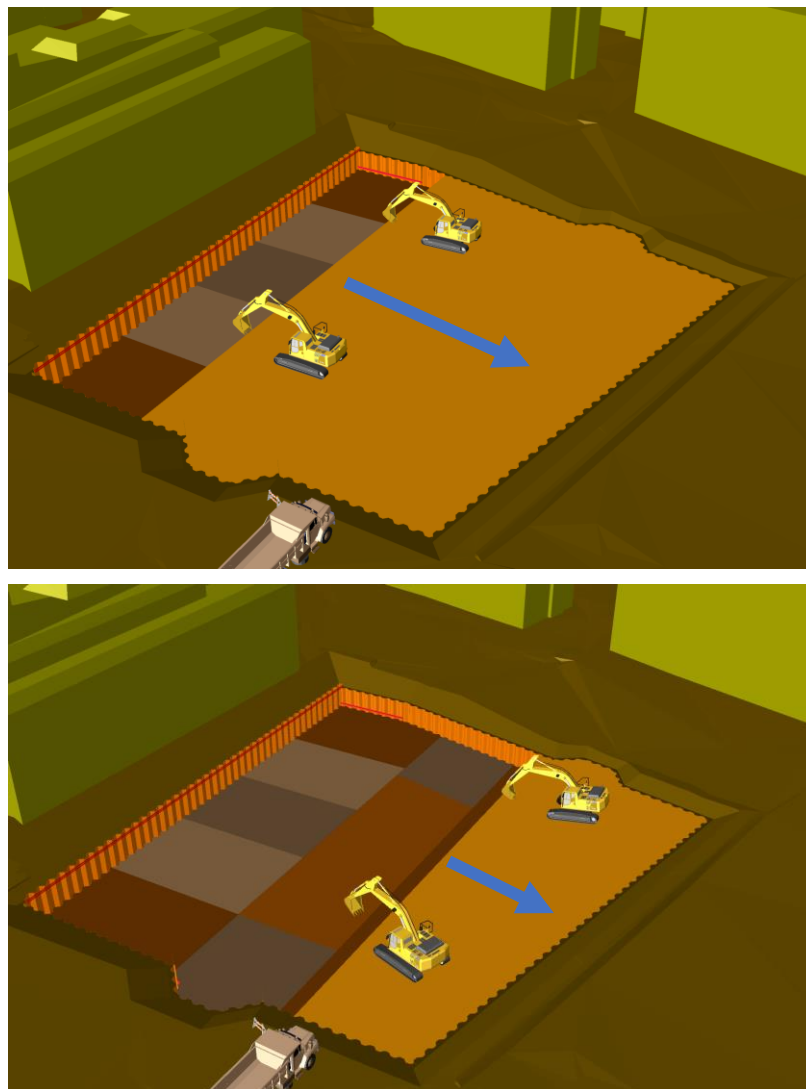
Etter at objektene er koblet sammen med aktivitetene, er det mulig å visualisere fremdriften. Dette kan utføres ved å bevege fokuspilen i horisontal retning i Gantt-diagrammet som vist på figur 6.4. Fokuspilen er den vertikale røde stiplede linjen i Gantt-diagrammet. Når denne beveges vil modellen visualisere hvordan bygget vil se ut etter den planlagte fremdriften.



Figur 6.4: Fokuspilen i Gantt-diagrammet.

Ved standardinnstillinger vil objektene markeres i en gitt farge for å vise at objektene installeres, eller demonteres. Men for å nyttiggjøre en 4D-modell, må en kunne se hvordan objektene monteres. Det vil si om en vegg støpes fra nord mot sør eller motsatt. Om det graves fra vest mot øst, eller om hulldekker monteres fra sør mot nord. På denne måten kan modellen synliggjøre hvordan arbeidsforholdene ser ut på byggeplassen under montering. Dette kan bidra til mer effektiv planlegging fordi den tilgjengelige plassen synliggjøres på en ny måte.

Under sammenkoblingen av aktiviteter og 3D-objekter bestemmes det også hvordan 3D-objektene vil komme til syne, eller forsvinne under visualisering. Det vil si vekstsimulering. Et eksempel er utgraving av masser. Vekstsimuleringen til utgravingen ved en av graveetappene ble satt til å gå fra sør mot nord på bakgrunn av samtaler med anleggsleder og graveentreprenør. Vekstsimuleringen er viktig fordi den visualiserer hva som skjer når, og hvor det skjer på byggeplassen. Ved å se på hvilken retning utgravingen av masser foregår, kan en enkelt se hvordan det påvirker de resterende aktivitetene på byggeplassen. Ved et tilfelle ble det klart at den tiltenkte graveretningen ville komme i konflikt med boring av peler. Det ble derfor endret på den tiltenkte graveretningen på bakgrunn av vekstretningen i 4D-modellen. Figur 6.5 viser prinsippet av hvordan vekstsimuleringen foregår. Ettersom fokuspilen beveges i Gantt-diagrammet, vil modellen endre seg. En 3D-modell kan også visualisere graveetapper i form av forskjellige farger, men ikke graveretning, altså vekstsimulering. Dette er derfor en liten men viktig funksjon i Synchro PRO, som kan defineres etter ønske.



Figur 6.5: Vekstsimulering for graveetapper.

Når alle 3D-objektene er koblet til sine respektive aktiviteter, kan det også produseres en animasjon. Denne animasjonen kan brukes til fremvisning av prosjekt mot kunder, samarbeidspartnere, underentreprenører og internt. Den kan også brukes under SJA⁵-møter eller andre produksjonsrelaterte møter for å avklare hvordan utførelsen av aktivitetene vil se ut på byggeplassen, og på bakgrunn av dette kunne planlegge effektiv og trygg produksjon. I denne oppgaven ble det produsert en animasjon fra byggestart til ferdig grunnarbeid. Denne animasjonen visualiserte rivning av eksisterende bygg, alle graveetappene, støp av arbeidsdekket og montering av tårnkraner. Innstillinger for fremvisning av en animasjon gjør det mulig å bestemme hva som skal være synlig i animasjonen. Det vil si at både fremdriftsplanen og Gantt-diagrammet kan være synlig i animasjonen om det er ønskelig. Dato kan også vises i animasjonen som er med på å skape et tidsperspektiv. I animasjonen for denne oppgaven ble det kun valgt å vise datoen, som vist på figur 6.6. Ved å stoppe animasjonen på en gitt dato, kunne anleggsleder se hvordan byggeplassen egentlig skulle ha sett ut, og sammenligne den med hvordan det faktisk så ut. På bakgrunnen av datoen i animasjonen konkluderte anleggslederen på dette prosjektet at prosjektet var fem dager etter planlagt fremdrift på det gitte tidspunktet.



Figur 6.6: Sammenligning av 4D-modell og byggeplass.

6.3 Nyttighetsvurdering av bruksområder

Hvorvidt en funksjon ble ansett som nyttig eller ikke, ble gjort i samarbeid med BIM-koordinator og anleggsleder på prosjektet, ved hjelp av feltsamtaler og intervjuer, samt praktisk arbeid i programvaren. Det ble gjennomført ukentlige fremdriftsmøter hvor 4D-modellen ble fremvist for de involverte underentreprenørene. Det ble i etterkant av ca. åtte gjennomførte fremdriftsmøter gjennomført et intervju med de deltagende underentreprenørene for tilbakemeldinger på opplevelser av bruken med 4D som en del av fremdriftsmøtene.

Basert på dette er det de følgende funksjonene som ble ansett som nyttige:

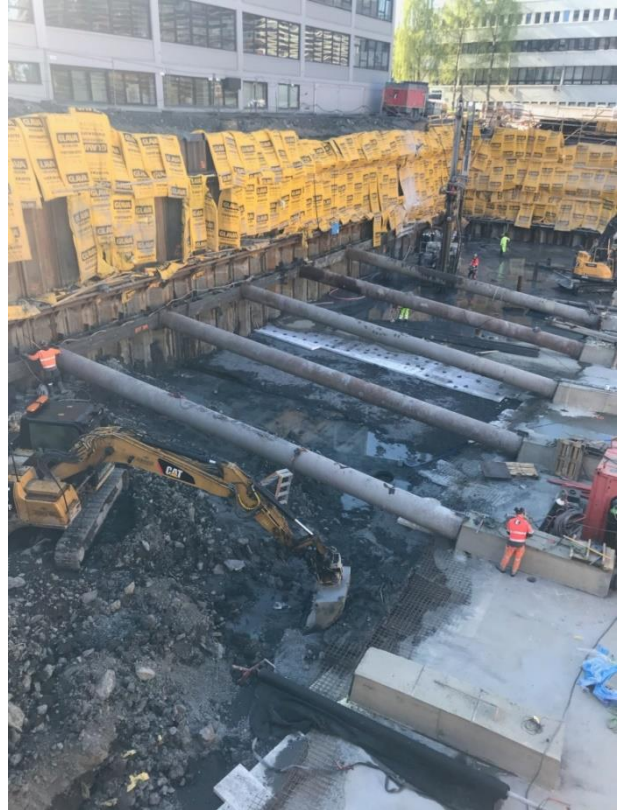
- Fremdriftsplanlegging med BIM 4D
- Fremdriftsvisualisering ved fremdriftsmøter
- 4D i HMS

⁵ SJA – Sikker jobbanalyse. Utføres for å avdekke risiko ved arbeidsoperasjoner.

6.3.1 4D i fremdriftsplanlegging på prosjektet Østensjøveien 16

For å kunne forklare fremgangsmåten og fordelene ved fremdriftsplanlegging med BIM 4D på en forståelig måte, er det viktig å først legge frem noen av de største utfordringene ved prosjektet, som har hatt stor innvirkning på fremdriften.

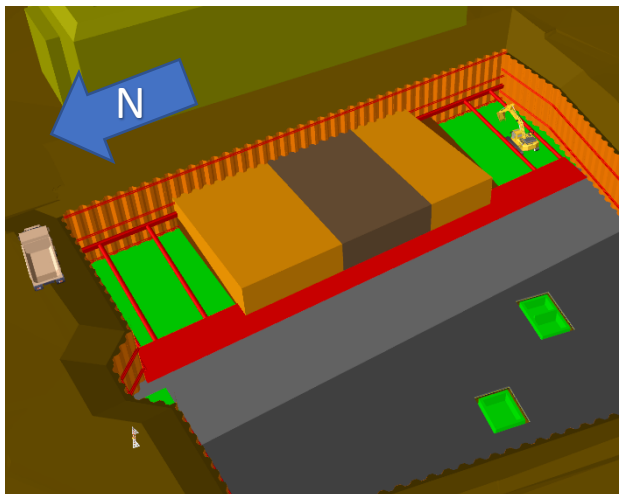
Det ble allerede under spunting registrert setninger i nabobygget. Dette førte til at prosjektet ble stoppet på ubestemt tid, og frem til en godkjent løsning ble vedtatt. Denne løsningen gikk ut på å forandre opprinnelig graveplan, for å hensynta motholdet massene utgjorde mot spunten. I stedet for å grave ut alle massene i to forskjellige horisontale faser, ble det bestemt at det var nødvendig å montere midlertidige innvendige stag som vist i figur 6.7. Disse innvendige stagenes funksjon var å fungere som mothold på spunt frem til arbeidsdekket var støpt inntil spunt. Når arbeidsdekket ble støpt inntil spunt, tok arbeidsdekket over oppgaven som mothold, og det eller de innvendige stagenes på det gitte området kunne fjernes.



Figur 6.7: Innvendige stag mot spunt Østensjøveien 16.

Dette gjorde at utgravingen av massene måtte utføres etappevis som resulterte i en ny graveplan.

Den nye graveplanen ble utarbeidet ut i fra 2D tegninger og med hensyn til de innvendige stagenes som vist ved et eksempel i **vedlegg A3**. Av denne kommer det frem at det først skal graves ut masser fra nord og sør, før masser i midten av byggegropen skulle graves ut til slutt.



Figur 6.8: BIM-modell av grunnforholdene Østensjøveien 16.

Det ble så produsert en BIM-modell for grunnen basert på den nye graveplanen for å kunne ta i bruk 4D planlegging, som vist ved figur 6.8. Av denne kom det tydelig frem at ved å følge den nye graveplanen, ville det oppstå en rekke utfordringer ved utførelse.

Den første var at anleggsveien til graveren nede i byggegropen ville forsvunnet før alle gravetappene var utført. Som følge av dette, ville det blitt nødvendig for graveren å kjøre via arbeidsdekket og over utstikkende armeringsjern i skjøtekant for å komme til utlossingspunktet i enden

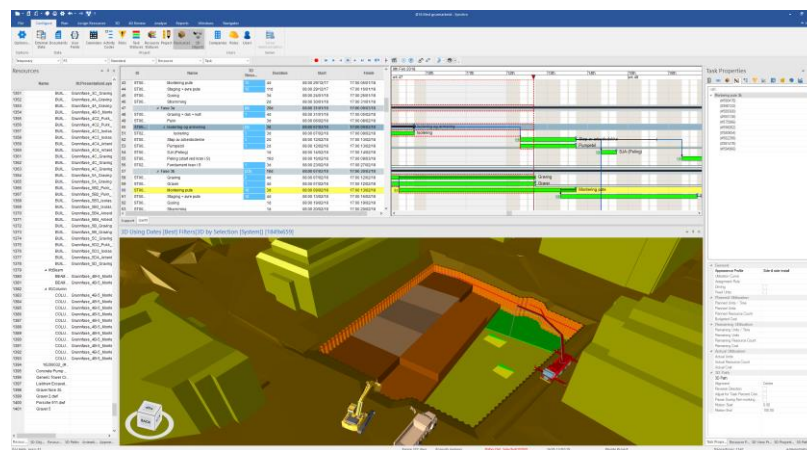
av byggegropen. Dette ville vært svært tidkrevende, hatt en betydelig risiko forbundet med mer anleggstrafikk over større områder og det ville påført en betydelig slitasje på både arbeidsdekket og armeringsjern som lå klare for skjøting. I tillegg ville det følge et større rengjøringsarbeide ettersom graveren hele tiden måtte transportert masser over arbeidsdekket.

Disse utfordringene kom svært godt frem under 4D-panelleggingen i PRO. Ved å visualisere den planlagte fremdriften basert på den nye graveplanen, ble det tidlig tydelig at den planlagte fremdriften ikke var ønskelig. Arbeidet med fremdriftsplanleggingen i 4D resulterte i dette tilfelle i en endring av den planlagte fremdriften. Gravefasene ble endret slik at de gikk suksessivt fra sør mot nord, og på denne måten løste de fleste av utfordringene ved den nye graveplanen.

6.3.2 4D i fremdriftsmøter på prosjektet Østensjøveien 16

Første fremdriftsmøte hvor Synchro Pro og 4D-modellen ble brukt fant sted 12.02.2018. Tilstede fra BetonmastHæhre Romerike var anleggsleder, to arbeidsledere, en prosjektingeniør og undertegnede. Av underentreprenører til stede var grave- og betongentreprenøren samt spunt- og peleentreprenøren. Noen av aktørene til stede var tidlig ute med å påpeke at "alt ser veldig enkelt ut på datamaskinen". Dette understreker noe av problemet, da datamaskinen ikke skal gjøre arbeidet, men fungere som et hjelpemiddel og verktøy for problemløsning.

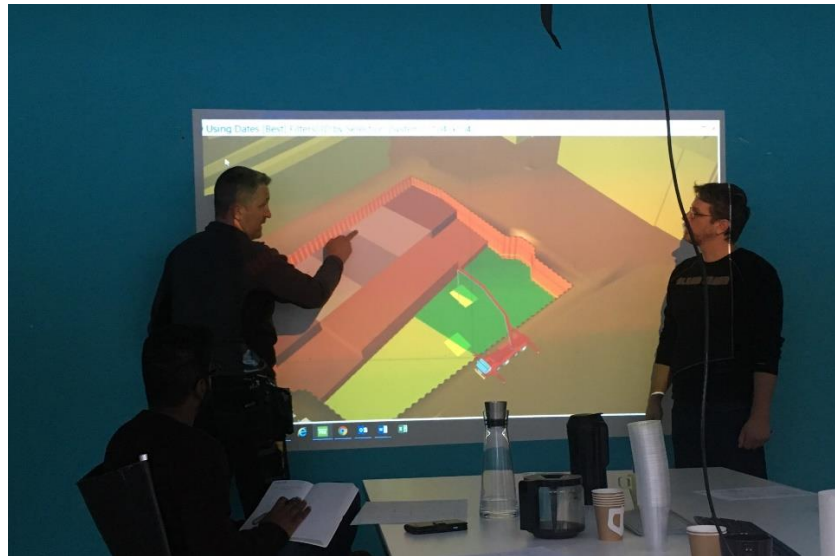
Hovedfokuset i fremdriftsmøtet var hvordan de forskjellige gravefasene skulle utføres for å best mulig tilrettelegge for arbeidsdekket som skulle støpes. Figur 6.9 viser utgangspunktet for prosjektfilen i Synchro.



Figur 6.9: Synchro PRO prosjektfilen som ble brukt ved fremdriftsmøter.

Modellen ble umiddelbart brukt aktivt i møtet. Den ble brukt til å visuelt forklare utfordringene til UE, og hvordan dette ville påvirke videre drift. Den ble også aktivt brukt av anleggsleder for å "peke og forklare" hva som var tiltenkt med tanke på fremdriftsplanen. Det ble flere ganger spurt om å se på de forskjellige fasene i fremdriften og hvordan byggeplassen så ut på et gitt tidspunkt, slik at UE kunne peke og forklare deres ønsker og utfordringer. På denne måten ble det enkelt for alle deltagende å forstå hvilket område det var snakk om ikke minst hvorfor de utfordringene som ble nevnt faktisk var en utfordring. Det ble også diskutert plassering av kjøretøy på møtet, hvor pumpebilen skulle stå, og hvor

graverne og lastebilene kunne kjøre. Dette ville vært et vanlig punkt å diskutere uavhengig av en 4D-modell, men med modellen kunne UE enkelt vise hvor de hadde tenkt å plassere kjøretøy ut ifra hvordan byggeplassen så ut på de forskjellige tidspunktene.



Figur 6.10: Første fremdriftsmøte ved Østensjøveien 16 med BIM 4D.

Under det sjettede og siste fremdriftsmøte (19.03.2018) ble ikke modellen fremvist fra starten av møtet. Dette var for å se om noen ville etterlyse den. Etter ca. tre minutter ble 4D-modellen etterspurt av en av underentreprenørene. Modellen ble tatt frem, for så å bli aktivt brukt under resterende del av fremdriftsmøtet. Det ble også bestemt at 4D-modellen skal være en fast del av fremdriftsmøtene videre i prosjektet.

Selv om noen av de involverte aktørene var skeptiske ved første fremdriftsmøte, kommer det frem av intervjuene etter det siste fremdriftsmøtet at inntrykket stort sett er positivt. Det trekkes frem at BIM 4D skaper en bedre forståelse for fremdriften og gjør det enklere å planlegge og drøfte ulike scenarier basert på modellen. Det er også med på å tydeliggjøre logistikk på byggeplass og forståelsen mellom de aktive underentreprenørene. Anleggsleder på prosjektet er svært positiv til BIM 4D, selv om han ser noen utfordringer som går på den nødvendige kompetansen innad i en prosjektgruppe. Det rekkes også frem muligheten for å planlegge tryggere produksjon med tanke på HMS. En av underentreprenørene etterlyste også muligheten til å ta 4D-modellen i bruk ute på byggeplassen også.

6.3.3 4D i HMS på prosjektet Østensjøveien 16

Synchro gjør det mulig å synliggjøre hvor og når sikkerhetstiltak bør iverksettes og hvor og når risikosituasjoner kan oppstå i løpet av byggeperioden. Dette kan gjøres ved å plassere ut HMS-symboler basert på BetonmastHæhre sin barriereplakat, figur 6.11. Dette er allerede et forslag og et ønske fra BetonmastHæhre. Tanken er at de prosjekterende for hvert fag skal synliggjøre risikoer i sine modeller, som et ledd i BIM-manualen. På denne måten kan de fleste av de potensielle risikoene bli synliggjort før produksjon, noe som gjør det lettere å foreta tiltak tidligere.



Figur 6.11: Barriereplakaten til BetonmastHæhre (BetonmastHæhre, 2018).

Hvert av ikonene i barriereplakaten representerer forskjellige faresituasjoner som kan oppstå på byggeplassen. Disse ikonene er modellert til 3D-objekter, som vist i figur 6.12.



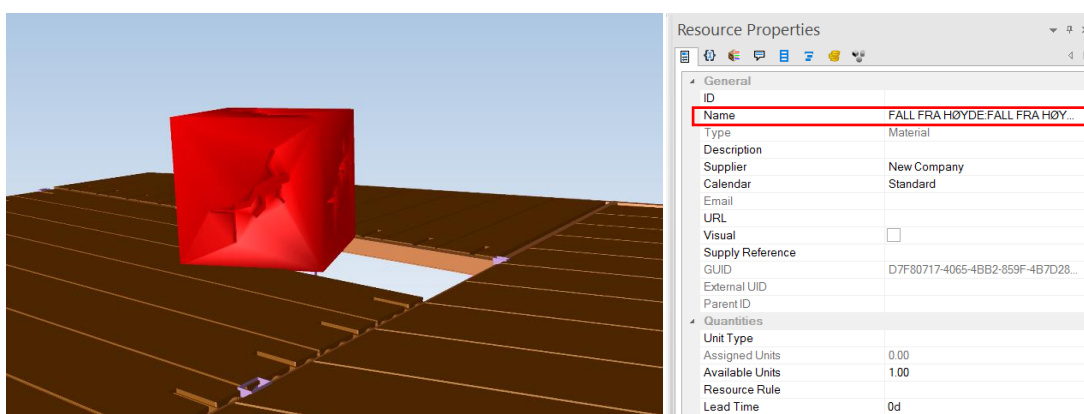
Figur 6.12: 3D HMS-objekter basert på barriereplakaten.

Disse er vanskelige å tyde i programvaren, og de bør utformes på en slik måte at det blir lettere å skille de fra hverandre. Synchro PRO har egne risiko-symboler som kan være et godt utgangspunkt for videreutvikling av BetonmastHæhre sine egne HMS-objekter. Disse standard risikosymbolene er vist i figur 6.13.



Figur 6.13: Standard risikoobjekter i Synchro PRO (Synchro Software, 2018).

HMS-symbolene vil være synlig i det samme tidsrommet som en potensiell risiko er gjeldene. Dette kan for eksempel være utsparinger i hulldekker som vist ved figur 6.14. Så lenge utsparingen står åpen vil også HMS-symbolet være synlig. Hvert HMS-symbol er tilegnet en beskrivelse slik at det er mulig å innhente informasjon om det aktuelle HMS-symbolet. Når utsparingen er lukket, vil HMS-symbolet ikke lengre være synlig. For at dette skal fungere må det opprettes en egen aktivitet i fremdriftsplanen som representerer HMS-symbolet. Denne aktiviteten må tilegnes en start- og sluttdato og varighet. Selve 3D-objektet må også kobles til aktiviteten.



Figur 6.14: HMS-objekt, fall fra høyde, plassert i modell ved utspring.

Ved fremvisning av modellen på byggeplassen, via for eksempel en BIM-kiosk, nettbrett eller mobiltelefon, kan disse HMS-symbolene bidra til forebygging og til å senke risikoen for ulykker på arbeidsplassen.

Tanken er god, men på en byggeplass vil det være mange risikoområder og risikosituasjoner. Dette kan resultere i en modell overfylt av HMS-objekter som igjen kan gjøre modellen uoversiktlig. Det bør derfor vurderes hvorvidt alle HMS-objektene skal vises samtidig, eller om de skal prioriteres ut ifra konsekvens eller andre parametere.

Det vil også være en utfordring i sammenkoblingen av HMS-objektene til aktivitetene. For at HMS-objektene skal ha en funksjon, er det helt nødvendig med en nøyaktig modell som viser den nøyaktige fremdriften. Dette setter krav til den eller de som oppdaterer modellen. Dette krever kontinuerlig registrering og oppdatering av modellen og fremdriftsplanen.

7 BIM – Formidling på byggeplass

Dette kapitlet inneholder en beskrivelse av dagens tilgjengelige løsninger. Det inneholder også et forslag til formidling av BIM på byggeplass for Betonmaste Hæhre Romerike.

7.1 BIM-kiosk

Y. Chen & J. Kamara (2008) hevder at håndverkere må fange opp eller innhente informasjon på stedet de er, til den tiden de trenger det, for at prosessen skal være mest mulig effektiv. Dette kan gjøres ved hjelp av en BIM-kiosk. Dette er en innkapslet monitor med harddisk utviklet for å tåle de røffe omgivelsene på en byggeplass. Via en BIM-kiosk kan håndverkere finne den informasjonen som er tilgjengelig for prosjektet. En BIM-kiosk muliggjør modellfremvisning ute på byggeplassen, men kan også tilby mer. Veidekke lanserte i 2017 (14.09.2017) sine fleksible BIM-kiosker utarbeidet i samarbeid med Richo⁶ og Rufo⁷. Dette er BIM-kiosker med mulighet for VR⁸, 4D-planer, digital kvalitetssikring og sjekklisteoppfølging, tegningshotell og modellvisning (Strand, 17). Allerede i 2015 vant Statsbyggs rehabiliteringsprosjekt; *Urbygningen/Campus ÅS* prisen for beste BIM-ide/-anvendelse. Alle de ulike håndverkerne hadde tilgang til BIM-kioskene som ble plassert i hver etasje av bygget. Det ble produsert egne visninger for hvert fag med mål om å skape oversikt (Strand, 2015).

I forskningsrapporten til K. Bråthen & L.E. Moland (2016), som beskriver rehabiliteringsprosjektet til Statsbygg, konkluderes det med at håndverkerne får en mer helhetlig forståelse av det prosjekterte materialet gjennom mulighetene for visualisering. Muligheten til å undersøke spesielt komplekse forhold samt detaljer som kan være vanskelig å synliggjøre i tradisjonelle arbeidstegninger, trekkes også frem som en fordel ved BIM-kiosker. Videre tyder funnene i samme rapport på at bruken av BIM-kiosker fører til en større grad av felles problemløsning og samarbeid mellom håndverkerne ute på byggeplassen. Årsaken til dette beskrives på følgende måte:

"Dette skjer fordi håndverkerne møtes, både planlagt og tilfeldig, for å diskutere foran kioskene mens de bruker modellen for å visualisere komplekse problemer"

(K. Bråthen & L.E. Moland 2016, s. 7)

BIM-kiosker må også ha klare retningslinjer for hvilket underlag som ligger til grunn ved utførelse, modellen eller tradisjonelle arbeidstegninger. Med dette som grunnlag kan BIM-kiosker være med på å skape nye samarbeidsmønstre på byggeplassen (Bråthen & Moland, 2016).

⁶ Richo Company er et japansk globalt elektronikkelskap.

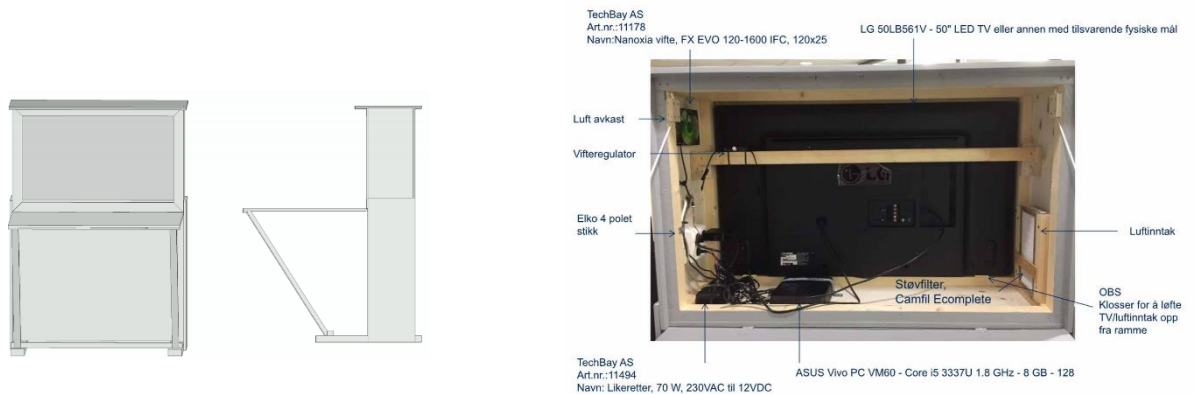
⁷ Rufo er en produsent av skreddersydde koffertar og transportkasser.

⁸ VR er en forkortelse for virtuell virkelighet, som er data-generert.



Figur 7.1: BIM-kiosk som faglig møteplass på byggeplassen (4B Arkitekter, 2015).

Oppbygningen av en BIM-kiosk kan variere for de ulike produsentene, men også for de ulike type prosjektene. De første BIM-kioskene var enkle konstruksjoner i trevirke som vist ved Skanskas første-generasjons BIM-kiosk i figur 7.2. Programvareinnholdet kommer frem av figur 7.3.



Figur 7.2: Skanskas første-generasjon BIM-kiosk (Simens & Hanna, 2015).

Applikasjoner	Funksjon	Konfigurasjon
	Modell visning Fag-spesifikke visninger	
	Synkronisering av modellfiler Skjermsparer bilder	
	Produksjons tegninger Spesifikasjoner	

Figur 7.3: Innhold i Skanskas første-generasjons BIM-kiosk (Simens & Hanna, 2015).

Etter hvert som utviklingen av bruken har funnet sted har også dagens BIM-kiosker blitt mer moderniserte som vist med Skanska sin seneste egenutviklet BIM-kiosk i figur 7.4. Det er viktig å understreke at dette ikke er unikt for Skanska og brukes her kun som et eksempel.

Som beskrevet innledningsvis, kan disse kioskene gi mulighet for VR, 4D-planer, digital kvalitetssikring og sjekklisteoppfølging, tegningshotell og modellvisning (Strand, 17). For at de overnevnte funksjonene skal kunne fungere må kioskene inneholde løsninger som enkelt gir brukerne tilgang til informasjonen de søker, som igjen stiller krav til programvareinnholdet. Rupert Hanna i Skanska Teknikk forklarer i en artikkel på bygg.no (Strand, 2017) at kioskene er en forenkling av nettbrettet. Han mener videre at noen av fagarbeiderne opplever nettbrettene som noe vanskelig å håndtere. I tillegg mener Hanna at BIM-kioskene fungerer mye bedre som en plattform for samhandling.



Figur 7.4: Vegghengt BIM-kiosk (Bygg.no, 2017).

7.2 Mobil og nettbrett

Selv om noen kan oppleve nettbrett og mobile enheter som noe vanskelig, er det de som mener at disse er avgjørende for utviklingen. Daglig leder i StreamBIM⁹ (tidligere Rendra AS) Kristin Omholt-Jensen uttrykte i en artikkel på bygg.no (Strand, 2016) at gode løsninger for mobil og nettbrett er helt nødvendig for å realisere ønsket om en digital byggeplass. Dette begrunnet hun med at datamaskiner på brakkene og BIM-kiosker ikke er riktig nok. En mobil eller et nettbrett kan gi muligheten for et mer fleksibelt bruk av modellen ute på byggeplassen. Selv om en BIM-kiosk står på hjul og kan rulles rundt, kan den være utfordrende å føre rundt i et helt bygg, ved for eksempel befaringer. Problemet har tidligere vært at mobiler og nettbrett ikke har hatt stor nok kapasitet til å håndtere modellene, noe som har gjort BIM-kiosker til et naturlig første-steg. I dag er ikke dette lengre en problemstilling og det finnes flere løsninger som muliggjør et aktivt BIM-bruk via mobil og nettbrett.

En av disse løsningene er Dalux som fungerer for både mobil og nettbrett. Dette gir tilgang til modeller og tegninger via en sky-basert metode for informasjonshåndtering. Det vil si at tegninger og informasjon blir behandlet via en PC i "Dalux BIM-viewer", som er et visningsprogram på lik linje med Solibri. Brukerstyringen foregår også i dette programmet. Videre blir tegninger, modeller og informasjon delt via en sky-basert nettløsning. Dette gir muligheten for modellfremvisning via nettbrett og mobil ute på byggeplassen (Dalux, 2018).

⁹ StreamBIM er en leverandør av mobile løsninger for modellfremvisning.



Figur 7.5: Dalux mobile BIM-løsning (Dalux, 2018).

For at modellfremvisningen på mobil og nettbrett skal ta hensyn til fremdriften (tid), må det foreligge en 4D-modell, samt kompatibel programvare både for fremvisningen og for kommunikasjonen imellom programvarene. Som nevnt innledningsvis i kapittel 6.1 Anvendt programvare – Synchro *Pro* tilbyr Synchro Software dette gjennom sin SITE applikasjon. Fordelen med dette, kontra tradisjonell modellfremvisning på byggeplass, er at brukeren kan dokumentere og registrere den faktiske fremdriften. Dette vil automatisk oppdatere 4D-modellen, noe som igjen gjør at alle til enhver tid har oversikt over fremdriften på prosjektet.

7.3 Forslag til formidling av BIM på Østensjøveien 16

Mobile enheter vil være fordelaktig men en BIM-kiosk kan skape en faglig møteplass for samarbeid og felles problemløsning på byggeplassen. Samtidig er dagens kiosker av en viss størrelse og ofte avhengig av strømtilførsel som kan begrense plasseringen. Som nevnt tidligere kan dette også gjøre dem uegnet til bruk ved befaringer, særlig av større prosjekter. Ved befaringer vil et nettbrett eller en mobil egne seg vesentlig bedre.

I BetonmastHæhre Romerike er Dalux allerede blitt testet ut. Det har også blitt vurdert å implementere Dalux i den daglige driften, som et verktøy for fremdrift, avviksregistrering og til andre hensiktsmessige bruksområder. Som nevnt i kapittel 6.3.3 *4D i HMS på prosjektet Østensjøveien 16*, er neste steg i HMS-prosessen anvendelse av Synchro Software, parallelt med Dalux. Om det blir besluttet å gå for denne kombinasjonsløsningen, er det viktig å være klar over at det vil kreve to sett med "BIM-prosjekter" i samme prosjekt. Dalux og Synchro er ikke kompatible, noe som gjør at det må oppdateres i to BIM-modeller kontinuerlig. Det er derfor anbefalt å nærmere vurdere om kun en av løsningene er tilstrekkelig. Om ønsket er å implementere BIM 4D og bruke dette aktivt i HMS-arbeidet, vil Synchro være det beste alternativet da Dalux ikke tilbyr 4D-løsninger. Om det er tilstrekkelig med BIM 3D, vil ikke Synchro være nødvendig i første omgang.

Da testingen av Synchro allerede er i gang på prosjektet Østensjøveien 16, i forbindelse med denne oppgaven, kan det lønne seg å ta i bruk Synchro OVR (Open Viewer) på prosjektet Ø16. Dette for å bedre kunne avdekke hvilken løsning som egner seg for BetonmastHæhre Romerike.

Synchro OVR vil kunne gi en helt ny innsikt for de som er ute på byggeplassen, både med tanke på fremdrift og HMS. Dette stiller igjen krav til den som oppdaterer 4D-modellen.

Den må til enhver tid være oppdatert på fremdrift og HMS. Synchro OVR er et gratisprogram og kan lastes ned og installeres på en datamaskin når som helst. Det vil være nødvendig med opplæring av det grunnleggende.

I tillegg til Synchro OVR anbefales det å se på mulighetene for utnyttelsen av Synchro SITE. Dette krever lisens i Synchro SWP (Synchro Workgroup Project) for utveksling av modellinformasjon mellom Synchro PRO og Synchro SITE. Dette muliggjør direkte registrering av fremdrift via SITE på byggeplass. SWP sørger for at BIM 4D-modellen er oppdatert for alle brukerne. SWP vil i så måte erstatte tradisjonelle prosjekthotell som for eksempel BYGGNET¹⁰.

Som beskrevet i kapittel 6.3.2 4D i fremdriftsmøter på prosjektet Østensjøveien 16, ble modellen aktiv brukt for å "forklare og peke" under fremdriftsmøtene. Dette gjorde at grave- og betongentreprenøren raskt kom til enighet om hvordan videre arbeid skulle utføres. Da dette foregikk under de ukentlige fremdriftsmøtene hadde ikke underentreprenørene mulighet til å gjøre dette i like stor grad ved hjelp av modellen på en dagligbasis, selv om behovet kanskje var tilstede. Denne samhandlingen kan finne sted ute på byggeplassen ved hjelp av Synchro SITE.

Synchro OVR:

- For alle involverte aktører
- Gratisprogram
- Anbefales opplæring - Gruppevis
- UE kan også installere på sine PCer

Synchro SITE

- For prosjektgruppe
- Må ha Synchro SWP med lisens
- SITE lastes gratis ned på iPad eller holo lens
- Må ha iPad
- Anbefales opplæring

¹⁰ BYGGNETT er et prosjekthotell hvor alt av nødvendig informasjon for et prosjekt skal ligge tilgjengelig for de involverte partene.

8 Diskusjon

Den fjerde dimensjonen kan nyttiggjøres på flere forskjellige områder, men vil være krevende å implementere. I denne oppgaven kommer det klart frem at BIM 4D fikk en positiv innvirkning i løpet av den tiden det ble brukt på prosjektet Østensjøveien 16. Dette utspilte seg under planlegging, drift og fremdriftsmøter.

8.1 BIM 4D ved fremdriftsplanlegging

4D ved fremdriftsplanlegging viste seg å avdekke uforutsette problemer, som gjorde at de ble løst før de oppsto i drift. Dette ble gjort i en tidlig fase av prosjektet, hvor det kun var tre underentreprenører i drift. I en senere fase i prosjektet, med et mer komplisert fag enn grunnarbeider, og med langt flere underentreprenører i drift, kan utfallet bli annerledes. Prinsippet vil være det samme, men det kan komme til å kreve mer for å løse et fremdriftsproblem på samme måte. Det er flere som må være med på planen og godkjenne endringene.

For å kunne få et bedre bilde av fordelene med BIM 4D, ville det vært interessant å ta det i bruk helt fra starten av i et prosjekt. På denne måten kan en planlegger sette opp aktivitetene med modellen som et bakteppe. På denne måten kan hun hele tiden se hvordan fremdriften utspiller seg, noe som kan føre til at problemer som nevnt over, ville blitt avdekket lenge før første spadetak ble tatt. Det å oppdage problemer på datamaskinen før de oppstår i drift, er ikke revolusjonerende. Dette har lenge vært en av de største fordelene ved BIM i form av kollisjonskontroll. Men en tradisjonell kollisjonskontroll vil ikke avdekke konflikter mellom kjøretøy og mannskap under produksjon. Den vil heller ikke kunne avdekke farlige situasjoner underveis, ved for eksempel montering av prefabrikkert betong. Kollisjonskontrollen vil varsle om den planlagte høyden på veggen kommer i konflikt med hulldekket over, men ikke om selve måten å montere på er hensiktsmessig eller ikke. Og det er her den store forskjellen mellom 3D og 4D ligger. 3D er alltid basert på et ferdig bygg. 4D er alltid basert på den planlagte fremdriften og den reelle fremdriften.

8.2 BIM 4D i fremdriftsmøter

Utnyttelsen av den fjerde dimensjonen i fremdriftsmøter var også interessant. Den ble først skeptisk møtt med ironi, før den senere ble etterspurt. Det er helt klart fordelene med å kunne visualisere hvordan en byggeplass ser ut til enhver tid, for så å kunne nyttiggjøre dette under fremdriftsmøter. Det vil være enklere for de deltagende å forstå hvor på byggeplassen eller i byggegropen en diskusjon handler om, om det enkelt kan pekes dit. Men det er ikke nødvendig med BIM 4D for å visualisere en byggeplass. Dette kan enkelt gjøres med et bilde av byggeplassen. Det kan en prosjektdeltager enkelt gå ut å ta i forkant av hvert fremdriftsmøte, eller det kan settes opp et web-kamera som hele tiden gir oversikt over hvordan bygget ser ut til enhver tid. Dette bildet, eller bildene fra et web-kamera kan brukes på samme måte som visualisering ved hjelp av 4D. Men det et bilde eller et-web kamera ikke kan gjøre, er å visualisere hvordan byggeplassen vil se ut om tre dager, en uke eller en måned. Da er en avhengig av en 4D modell, og som vist i denne oppgaven, ble dette brukt til å planlegge videre drift, underentreprenørene seg imellom.

8.3 BIM 4D i HMS

Helse miljø og sikkerhet er et meget viktig arbeidsområde. Alt som kan være med på å gjøre dette arbeidet lettere og mer effektiv, og i så måte gjøre en byggeplass mer sikker, bør utforskes nærmere. Ved flere anledninger ble problemer avdekket ved hjelp av 4D modellen. Disse problemene gikk som regel på logistikk på byggeplass, men ved å avdekke disse, ble samtidig risiko redusert. Et av eksemplene på dette er gravefasene som nevnt i *kapitel 6.3.1 4D i fremdriftsplanlegging på prosjektet Østensjøveien 16*. Ved den opprinnelige graveplanen ville det vært vesentlig mer anleggstrafikk, i tillegg ville denne anleggstrafikken foregått nærme et område hvor jernbinderne hadde full produksjon. Ved å endre graveplanen basert på 4D modellen, ble også risikoen forbudet med utgraving lavere. Det var ikke HMS som var årsaken til endringen av planen, men tid og logistikk, men endringen ga også en gevinst i form av HMS. Dette er også tanken bak HMS-symbolene nevnt i *kapitel 6.3.3 4D i HMS på prosjektet Østensjøveien 16*.

Da disse symbolene skal synliggjøre risiko i modellene til de prosjekterende, var det ikke mulig å teste dette fult ut på prosjektet Østensjøveien 16. Men det var like vel mulig å teste ut noen objekter i liten skala. Selve konseptet er veldig smart og fult gjennomførbart. Risiko blir synliggjort på en helt ny måte og i en tidligere fase. Dette gjør fremdriftsplanlegging enklere, både med tanke på produksjon og drift. Dette er noe som bør prøves ut i en større skala hvor de prosjekterende er med fra start. Det blir viktig å finne en god løsning som ikke skaper BIM-modeller overfylte av HMS-symboler, som gjør at hele hensikten blir borte. Samtidig må det finnes en teknisk løsning som blir levelig for alle involverte parter. Basert på funnene i denne oppgaven, må det som nevnt i *kapitel 6.3.3 4D i HMS på prosjektet Østensjøveien 16*, opprettes en egen aktivitet for HMS-symbolene, som må tilegnes start- og sluttdato samt varighet. Dette betyr at det må foreligge en aktivitet for hver risiko, noe som kan doble antall aktiviteter i en fremdriftsplan. Dette er en teknisk løsning som det anbefales å se nærmere på.

Videre må det også avklares hvem som faktisk skal stå for utplasseringen av HMS-symbolene, de prosjekterende eller BIM-koordinator.

8.4 Synchro Software

Synchro leverer med sin plattform det som virker å være et totalt prosjektstyringsverktøy for en entreprenør. Det vil si fra tidlig planleggingsfase til overlevering. Dette samles i prosjekthotellet SWP og sørger for at alle alltid jobber ut ifra den siste versjonen av modellen. Programmet er intuitivt og enkelt å bruke. Inntrykket er at denne oppgaven ikke har fått testet ut i nærheten av det fulle potensiale til programmet, og det vil være å anbefale å fortsette uttestingen.

Selv om programmet har klare og tydelige fordeler for gjennomføringen av et prosjekt, medfører det også utfordringer. Det er en kompleks programvare som stiller krav til brukerne. Det er også tidkrevende å koble sammen 3D-objekter og aktiviteter. Noe som kan skape en del merarbeid i prosjekter med mye endringer.

Noen utfordringer er det også rundt grunnforhold med bruk av Synchro. Endringer i graveplaner kan forekomme ukentlig som følge av vær og vind. Spesielt i løpet av vintersesongen. Dette påvirker videre den planlagte fremdriften på de aktiviteter som følger etter graving, som plasstøpt betong og peling. Dette gjør at det kontinuerlig må modelleres eller endres på objekter, samt legges til eller endre aktiviteter og den tilhørende varigheten i Synchro for at fremdriftsmodellen skal stemme overens med den reelle fremdriften. Dette lar seg gjøre, men kan være tidskrevende.

9 Konklusjon

Den fjerde dimensjonen er sammenkoblingen av modell og tid. Den gjør det mulig å visualisere fremdriften, og er direkte knyttet til aktivitetene i fremdriftsplanen. Dette stiller krav til detaljnivået på fremdriftsplanen og krav til detaljnivået på modellene til de forskjellige prosjekterende. Synchro Software gjør det mulig å samle all informasjon i et og samme prosjekthotell. Herunder planlegging, styring, drift og avvik- og HMS-registrering. Dette vil gjøre BIM-modellen synlig både på kontoret og ute på byggeplassen, ved hjelp av Synchro SITE.

Den fjerde dimensjonen kan nyttiggjøres på flere forskjellige områder, men vil være krevende og implementere. I denne oppgaven kommer det klart frem at BIM 4D fikk en positiv innvirkning i løpet av den tiden det ble brukt på prosjektet Østensjøveien 16. Dette utspilte seg under planlegging, drift og fremdriftsmøter. Den mest markante fordelene ved bruken av BIM 4D på prosjektet, var å kunne visualisere den planlagte fremdriften. Dette førte til at anleggsleder kunne endre fremdriftsplanen for å visualisere andre løsninger, for så å vurdere om andre løsninger egnet seg bedre med tanke på flyt og sikkerhet. Ved flere anledninger ble fremdriftsplanen endret som et resultat av 4D modellen.

Det er også store muligheter ved bruken av BIM 4D for synliggjøring av HMS. Dette krever fortsatt en del avklaring og testing. Det kan brukes under SJA-møter eller andre produksjonsrelaterte møter for å avklare hvordan utførelsen av aktivitetene vil se ut på byggeplassen, og på bakgrunn av dette kunne planlegge en effektiv og trygg produksjon

BetonmastHæhre Romerike har et godt grunnlag å bygge videre på når det kommer til BIM. De innehar allerede kompetansen og har ved denne oppgaven vist at de er villige til å prøve ut ny teknologi. Det foreligger også gode rutiner for fremdriftsplanlegging og fremdriftsstyring som er en fordel ved implementeringen av BIM 4D. Ved en avgjørelse av videre implementering er det viktig å vurdere hvor vidt BetonmastHæhre Romerike ønsker å satse på flere leverandører av BIM-verktøy parallelt. Det anbefales og kun benytte seg av en leverandør for å samle alt på et sted. Det anbefales videre å teste ut Synchro PRO i en kombinasjon med Synchro SITE i en større skala, på et lite prosjekt.

I BetonmastHæhre Romerike er Dalux allerede blitt testet ut. Det har også blitt vurdert å implementere Dalux i den daglige driften, som et verktøy for fremdrift, avviksregistrering og til andre hensiktsmessige bruksområder. Neste steg i HMS-prosessen er anvendelse av Synchro Software, parallelt med Dalux. Om det blir besluttet å gå for denne kombinasjonsløsningen, er det viktig å være klar over at det vil kreve to sett med "BIM-prosjekter" i samme prosjekt. Dalux og Synchro er ikke compatible, noe som gjør at det må oppdateres i to BIM-modeller kontinuerlig. Det er derfor anbefalt å nærmere vurdere om kun en av løsningene er tilstrekkelig. Om ønsket er å implementere BIM 4D og bruke dette aktivt i HMS-arbeidet, vil Synchro være det beste alternativet da Dalux ikke tilbyr 4D-løsninger. Om det er tilstrekkelig med BIM 3D, vil ikke Synchro være nødvendig i første omgang

10 Videre arbeid

Innledende foreslås det at videre arbeid består av å prøve ut Synchro Software i en større skala og over lengre tid. Det anbefales å fokusere på planlegging i Synchro basert på BIM-modellen i en tidlig fase av prosjektet, samt nyttiggjøringen av BIM 4D i den daglige driften. Det bør da fokuseres på å bruke BIM 4D aktivt under fremdriftsmøter, i HMS-arbeidet og fremdriftsstyringen. Det er også viktig at alle de involverte forstår arbeidsmetoden og målet med den slik at alle drar i samme retning. Prosjektleder, anleggsleder og arbeidsledere trenger med dette opplæring i programvaren slik at de kan benytte seg av de forskjellige funksjonene. Det antas at dette vil bidra til å øke forståelsen, som vil øke bruken som igjen vil gi større gevinst ved bruken av den fjerde dimensjonen.

Samtidig anbefales det å teste Synchro SITE for å bedre kunne vurdere de mulighetene dette gir til formidling av BIM på byggeplassen.

Videre foreslås det å se nærmere på bruken av BIM 4D ved prisforespørsler mot underentreprenører. Dette kan gjøres ved å produsere en fremdriftsvideo av den planlagte fremdriften, som sendes ut til tilbyderne. Tilbyderne kan på bakgrunn av dette gi en mer nøyaktig pris og en mer nøyaktig varighet av sitt arbeid.

Et annet forslag er å bruke BIM 4D aktivt mot kunder og byggherrer. Et alternativt er holo lens, en virtuell virkelighetsbrille, som gjør det mulig å visualisere fremdriften i en virtuell virkelighet. Dette kan bidra til å skape en større forståelse av hva som skapes og hvordan det vil se ut, både under produksjon og ved ferdig bygg.

Referanser

- 4B Arkitekter (2015). *Beste BIM-idé!* [Internett]. Oslo: 4B Arkitekter. Tilgjengelig fra <https://4b.no/aktuelt/beste-bim-id>
- Alacron, L. F., & Rischmoller, L. (2002). *4D-PS: Putting an IT new work process into effect* [Internett]. Aarhus, Danmark: International Council for Research and Innovation in Building and Construction of cib-w78 conference 2002. Tilgjengelig fra: https://www.researchgate.net/publication/264415704_4D-PS_Putting_an_IT_new_work_process_into_effect_Authors
- Au, T., & Hendrickson, C. (1998). *Project managment for construction*. Pittsburgh: Department of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Mellon University.
- Bechtel. (2018). *About Bechtel* [Internett]. San Fransisco: Bechtel. Tilgjengelig fra <https://www.bechtel.com/about-us/>
- BetonmastHæhre. (2018). *Styringsystemer BetonmastHære* [Intranett]. Oslo: BetonmastHæhre. Hentet 2018-04.25.
- BetonmastHæhre. (2018). *Divisjon Bygg - BetonmastHæhre Romerike. BetonmastHæhre* [Internett]. Oslo: BetonmastHæhre. Tilgjengelig fra <https://www.betonmastaehre.no/bygg/betonmastaehre-romerike/>
- Bråthen, K., & Moland, L. E. (2016). *Samhandlingsfase og BIM på byggeplass – Erfaringer fra Urbygningen ved NMBU*. Oslo: Forskningsstiftelsen FAFO. Tilgjengelig fra <http://www.fafo.no/images/pub/2016/20578.pdf>
- BuildingSMART Norge. (2014). *buildingSMART datamodell* [Internett]. Oslo: BuildingSMART Norge. Tilgjengelig fra <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell>
- BuildingSMART Norge. (2016). *buildingSMART prosess* [Internett]. Oslo: BuildingSMART Norge. Tilgjengelig fra <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-prosess>
- BuildingSMART Norge. (2017). *buildingSMART dataordbok* [Internett]. Oslo: BuildingSMART Norge. Tilgjengelig fra <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-dataordbok>
- BuildingSMART Norge. (2017). *buildingSMART Norge* [Internett]. Oslo: BuildingSMART Norge. Tilgjengelig fra <https://buildingsmart.no/bs-norge>
- Byggnett. (2018). *Velkommen til byggnett* [Internett]. Byggnett. Tilgjengelig fra <https://system2.byggnet.com/Byggnet/Login.aspx?language=nb>
- Chen, Y., & Kamara, J. M. (2008). *Using mobile computing for construction site information management* [Internett]. Newcastle: School of Architecture, Planning and Landscape, University of Newcastle upon Tyne. Tilgjengelig fra <https://pdfs.semanticscholar.org/d3da/f04803451f2d0f882acba9983ac3faeeb878.pdf>
- Dalland, O. (2012). *Metode og oppgaveskriving 5.utgave*. Oslo: Guldendal Akademisk Forlag.
- Dalux. (2017). *BIM viewer* [Internett]. København: Dalux. Tilgjengelig fra <http://dalux.com/nb/bimviewer/>
- Dengenis, T. (2016). *4D BIM for construction* [Internett]. Synchro Software. Tilgjengelig fra <https://blog.synchrold.com/page/2>
- Dvergsdal, H., & Rossen, E. (2018). *XML-IT* [Internett]. Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra https://snl.no/XML_-_IT

- Elden, J. F. (2009). *Scheduling 101 - the basic of best practices* [Internett]. Florida: Project Management Institute, PMI Global Congress 2009—North America. Tilgjengelig fra http://pmicie.org/images/downloads/Presentations/presentation_scheduling_101.pdf og <https://www.pmi.org/learning/library/schedule-101-basic-best-practices-6701>
- Ferd Eiendom (2018). *Østensjøveien 16 - Nytt kontorprosjekt ved Helsfyr/Bryn* [Internett]. Oslo: Ferd Eiendom. Tilgjengelig fra <https://www.ferd.no/eiendom/portefolje/kontor/ostensjoveien-16>
- Fossåskaret, E., Fuglestad, O. L., & Aase, T. H. (1997). *Metodisk feltarbeid. Produksjon og tolkning av kvalitative data*. Oslo: Universitetsforlaget AS.
- Gledson, B. J., & Greenwood, D. J. (2016). *Surveying the extent and use of 4D bim in the UK* [Internett]. Newcastle: Northumbria University. Tilgjengelig fra <http://www.itcon.org/2016/4>
- Goubau, T. (2012). *A History of BIM* [Internett]. Brussels: Aproplan SA. Tilgjengelig fra <https://www.aproplan.com/blog/construction-collaboration/a-history-of-bim>
- Hanna, R. J., & Simensen, K. H. (2015). BIM på byggeplass [Internett]. Oslo: Skanska & 4B Arkitekter. Tilgjengelig fra http://www.denkloketeknologi.no/fileadmin/red/Foredrag_2015/1.5_BIM_paa_byggeplass__Simensen_og_Hanna.pdf
- Hitachi Ltd. (2017). *Corporate Information* [Internett]. Tokyo: Hitachi Ltd. Tilgjengelig fra <http://www.hitachi.com/corporate/index.html>
- Iversen, J. S. (2013). *Produksjonsplanlegging med 4D* (Masteroppgave). Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- Køster, C. (2017). *Prosjektplanlegging steg for steg* [Internett]. Oslo: Metier OEC AS. Tilgjengelig fra <https://www.prosjektbloggen.no/prosjektplanlegging-steg-for-steg>
- Larsen, J. (2004). *Leksjon 4: Prosjektplanlegging og oppfølging* [Internett]. Trondheim: Høgskolen i Sør-Trøndelag & Stiftelsen TISIP i samarbeid med Avdeling for informatikk og e-læring. Tilgjengelig fra http://www.aitel.hist.no/fag/_prs/leksjoner/leksjon04.pdf
- McPartland, R. (2018). *BIM dimensions - 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained* [Internett]. Newcastle: NBS. Tilgjengelig fra <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>
- Microsoft. (2018). *Prosjektledelse*. Microsoft [Internett]. Tilgjengelig fra <https://products.office.com/nb-no/project/project-management>
- National bim Standard-United States. (2018). *What is a bim?* [Internett]. Washington, DC: National bim Standard-United States. Tilgjengelig fra <https://www.nationalbimstandard.org/faqs>
- Nyeng, F. (2012). *Nøkkelbegreper i forskningsmetode og vitenskapsteori*. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.

- Nwagboso, C., Feng, A., Georgakis, P., Heesom, D., & Zhou, W. (2009). *An interactive approach to collaborative 4D construction planning* [Internett]. Wolverhampton: School of Engineering and the Built Environment, University of Wolverhampton. Tilgjengelig fra <https://www.itcon.org/paper/2009/05>
- Olsson, N. (2011). *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Tapir akademiske forlag.
- Phair, M (2000). *Software Model Builders Add an Extra Dimension To 3D CAD* [Internett]. New York: Engineering News-Record. Tilgjengelig fra <https://www.enr.com/news/enrtech.asp>
- Ricoh Company. (u.å). *About Ricoh* [Internett]. Tokyo: Ricoh Company. Tilgjengelig fra <https://www.ricoh.com/about/>
- Rolstadås, A. (2011). *Praktisk prosjektstyring*. 5.utg. Trondheim: Tapir akademiske forlag.
- Rufo.no AS. (2018). *Om oss* [Internett]. Volda: Rufo.no AS. Tilgjengelig fra <https://www.rufo.no/pages/infosenter>
- Skeie, G. (2017). *VDC – Prosjektgjennomføring i Kruse Smith* [Internett]. Bergen: Kruse Smith under Tevas Fagdag 2017. Tilgjengelig fra <https://tevas.no/cms/wp-content/uploads/2017/10/05-Gunnar-Skeie-Tevas-Fagdag-2017.pdf>
- Strand, S. S. (2016). *Ny teknologi bringer BIM ut på byggeplassen* [Internett]. Oslo: bygg.no. Tilgjengelig fra <http://www.bygg.no/article/1281677>
- Strand, S. S. (2017). *BIM-kiosker beste idé på den kloke tegning* [Internett]. Oslo: bygg.no. Tilgjengelig fra <http://www.bygg.no/article/1252390>
- Strand, S. S. (2017). *Veidekke lanserer fleksibel BIM-kiosk* [Internett]. Oslo: bygg.no. Tilgjengelig fra <http://www.bygg.no/article/1326096>
- StreamBIM. (2018). *Enkelt – raskt – riktig* [Internett]. Oslo: Rendra AS. Tilgjengelig fra <https://streambim.com/no/>
- Synchro Software. (2018). *About Synchro Software* [Internett]. London: Synchro Software. Tilgjengelig fra <https://www.synchro.com/about/>
- Tevas. (2017). *Fagdag 2017 – den 9`ende i rekken* [Internett]. Bergen: Tevas. Tilgjengelig fra <https://tevas.no/om-oss/fagdag-2017/>
- Tulke, J., & Hanff, J. (2007). *4D construction sequence planning – new process and data model* (s. 79-84) [Internett]. Essen: Proceedings of cib-w78 24 th international conference on information technology in construction. Tilgjengelig fra https://www.researchgate.net/publication/265866371_4D_construction_sequence_planning_-_New_process_and_data_model
- Valogianni, V. (2017). *O&M Challenge: BIM and Laser Scanning, a Hospital Project from the Middle East*. The 5th BIM and Lean Conference [Internett]. London: VIM Conference. Tilgjengelig fra <https://www.slideshare.net/cctintl/om-challenge-bim-and-laser-scanning-a-hospital-project-from-the-middle-east>

Vedleggsliste

A1 – Oppgavetekst for Masteroppgave høst 2018 Trym Håvard Bogen

A2 – Intervjuguide

A3 – Graveplan

A4 – Gjennomgang av funksjoner i Synchro PRO

Vedlegg A1 – Oppgavetekst for Masteroppgave høst 2018 Trym Håvard
Bogen

MASTEROPPGAVE

for

Trym Håvard Bogen

(Studentnummer 501 402)

Vår 2018

BIM 4D – Prosjektstyring og visualisering

(BIM 4D – Project management and visualization)

Bakgrunn

BIM (byggningsinformasjonsmodell/byggningsinformasjonsmodellering) har mange bruksområder og kan brukes i alle typer bygg og anlegg. Det finnes flere nivåer av BIM som alle tilbyr forskjellige funksjoner. De vanligste bruksområdene i dag, strekker seg til visualisering, kollisjonskontroll og mengdeuttak. Et annet viktig aspekt med et hvert prosjekt er fremdriften og planleggingen av den. Denne innvirker direkte på produktiviteten som igjen påvirker resultatet. Byggenæringen er den næringen hvor den relative veksten i arbeidsproduktivitet har økt minst sammenlignet med andre næringer i Norge i de siste 15 årene, noe som kan ha sammenheng med automatisering og digitalisering. For å få en større forståelse av de digitale verktøy som kan brukes i fremdriftsplanlegging og fremdriftsstyring, er det viktig å gjøre seg kjent med, og teste verktøyene.

Oppgaven går hovedsakelig/hovedvekt ut på vurdering av BIM 4D i programvaren Synchro Pro generelt, og på prosjektet Østensjøveien 16 i Oslo.

Begrensning av oppgaven

Skal ikke følge hele prosjektfasen. Følger fremdriftsplanlegging samt startfase betongstøp.

Arbeidet skal omfatte (men ikke nødvendigvis avgrenses til):

1. Innledende arbeid/litteraturstudium med avgrensninger og definisjoner.
2. Vurdering/evaluering av fremdriftsplanlegging i BIM 4D på prosjektet Østensjøveien 16.
3. BIM 4D – Fremdriftsvisualisering – hvordan nyttiggjøre det på prosjektet.
4. BIM på byggeplass – hvordan formidle det ut på byggeplass.

Samarbeidspartner

Oppgaven gjennomføres i samarbeid med BetonmastHæhre Romerike AS.

Generelt

Senest 14 dager etter at oppgaveteksten er utlevert skal resultatene fra det innledende arbeid være ferdigstilt og levert i form av en forstudierapport. Forstudierapporten skal godkjennes av veileder før kandidaten har anledning til å fortsette på resten av hovedoppgaven. Det innledende arbeid skal være en naturlig forberedelse og klargjøring av det videre arbeid i hovedoppgaven og skal inneholde:

- Generell analyse av oppgavens problemstillinger.
- Definisjon i forhold til begrensninger og omfang av oppgaven.
- Klargjøring/beskrivelse av de arbeidsoppgaver som må gjennomføres for løsning av oppgaven med definisjoner av arbeidsoppgavenes innhold og omfang.
- En tidsplan for framdriften av prosjektet.

Sluttrapporten skal være vitenskapelig oppbygget med tanke på litteraturstudie, arbeidsmetodikk, kildehenvisninger etc. Alle beregninger og valgte løsninger må dokumenteres og argumenteres for. Besvarelsen redigeres som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, referanser, innholdsfortegnelse etc. Påstander skal begrunnes ved bevis, referanser eller logisk argumentasjonsrekker. I tillegg til norsk tittel skal det være en engelsk tittel på oppgaven. Oppgaveteksten skal være en del av besvarelsen (plasseres foran Forord).

Materiell som er utviklet i forbindelse med oppgaven, så som programvare/kildekoder eller fysisk utstyr, er å betrakte som en del av besvarelsen. Dokumentasjon for korrekt bruk av dette skal så langt som mulig også vedlegges besvarelsen.

Dersom oppgaven utføres i samarbeid med en ekstern aktør, skal kandidaten rette seg etter de retningslinjer som gjelder hos denne, samt etter eventuelle andre pålegg fra ledelsen i den aktuelle bedriften. Kandidaten har ikke anledning til å foreta inngrep i den eksterne aktørs informasjonssystemer, produksjonsutstyr o.l. Dersom dette skulle være aktuelt i forbindelse med gjennomføring av oppgaven, skal spesiell tillatelse innhentes fra ledelsen.

Eventuelle reiseutgifter, kopierings- og telefonutgifter må bæres av studenten selv med mindre andre avtaler foreligger.

Hvis kandidaten, mens arbeidet med oppgaven pågår, støter på vanskeligheter som ikke var forutsatt ved oppgavens utforming, og som eventuelt vil kunne kreve endringer i eller utelatelse av enkelte spørsmål fra oppgaven, skal dette umiddelbart tas opp med UiT ved veileder.

Besvarelsen leveres digitalt i WISEflow.

Utleveringsdato:	08.01.2018
Innleveringsdato:	16.05.2018 kl. 12.00
Kontaktperson bedrift:	Morten Wang Kingell Telefon: 452 47 765 E-post: morten.wang.kingell@betonmast.no
Veileder UiT - IVT:	Førstelektor Tor Kildal Telefon: 977 87 115 E-post: tor.kildal@uit.no

UiT – Norges Arktiske Universitet
Institutt for bygg, energi og materialteknologi



Tor Kildal

Faglig ansvarlig/veileder UiT

Vedlegg A2 – Intervjuguider

Intervju – fremdriftsplanlegging og styring – Prosjektet Østensjøveien 16

1. Hvilken metode benyttes for fremdriftsplanlegging på Ø16?
2. Deles fremdriften inn i flere planer/nivåer (hovedplan, styringsplan, produksjonsplan etc.), hvis ja, hvilke?
3. Hvem har ansvaret for dette arbeidet, og hvem utfører det?
4. Hvilken tidsramme settes til planleggingen?
5. Hva er den største utfordringen rundt fremdriftsplanlegging?
6. Hvilken metode benyttes for fremdriftsstyring på Ø16?
7. Hvem har ansvaret for fremdriftsstyringen?
8. Hva er den største utfordringen med den fremdriftsstyringen?
9. For alle overnevnte spørsmål, foreligger det et system for kvalitetskontroll/sidemannskontroll eller lignede for dette arbeidet?
10. Annen relevant informasjon, kommentar til fremdriftsplanlegging og styring, generelt og internt?

Intervju – fremdriftsplanlegging og styring – BetonmastHæhre

1. Hvilken metode benyttes for fremdriftsplanlegging i BetonmastHæhre?
2. Deles fremdriften inn i flere planer/nivåer (hovedplan, styringsplan, produksjonsplan etc.), hvis ja, hvilke?
3. Hvem har ansvaret for dette arbeidet, og hvem utfører det?
4. Hvilken tidsramme settes til planleggingen? (Generelt om mulig, men i hovedsak på prosjektet Ø16).
5. Hva er den største utfordringen rundt fremdriftsplanlegging?
6. Hvilken metode benyttes for fremdriftsstyring i BetonmastHæhre?
7. Hvem har ansvaret for fremdriftsstyringen?
8. Hva er den største utfordringen med den fremdriftsstyringen?
9. For alle overnevnte spørsmål, foreligger det et system for kvalitetskontroll/sidemannskontroll eller lignede for dette arbeidet?
10. Annen relevant informasjon, kommentar til fremdriftsplanlegging og styring, generelt og internt?

BIM i BetonmastHæhre

1. Hvordan fungerer BIM i BetonmastHæhre? Hvilke krav stilles?
2. Den generelle bruken innad i BetonmastHæhre, hva brukes det mest til? Er det noen begrensninger?
3. Er det en internt klar satsning på BIM?
4. Er det oppe til diskusjon *om* det skal stilles krav til BIM, eller *når* det skal stilles krav til BIM?
5. Er det forskjeller på bruken av BIM innad i BetonmastHæhre som følge av at det er delt inn i flere bedrifter?
6. Brukes BIM 4D i BetonmastHæhre per dags dato, om ja, hva brukes det til?
7. Er det noen klare satsningsområder for BIM i nærmeste fremtid?

Spørsmål angående formidling av BIM på byggeplass

1. Hvordan utføres dette?
2. Ser du for det at det skal vises per fag, eller per oppgave, eller per område?

Generelt

1. Annen relevant informasjon, kommentar til BIM, generelt og internt?

Tilbakemeldinger på bruken av BIM 4D

Navn:

Firma:

1. Har du brukt BIM 4D på tidligere prosjekter?
2. Hvordan opplevde du BIM 4D som et verktøy på dette prosjektet?
3. Hvilke fordeler ser du med BIM 4D?
4. Hvilke utfordringer ser du med BIM 4D?
5. Kunne du tenkt deg å jobbe mer med BIM 4D? Begrunn svaret.

BIM på prosjektet Østensjøveien 16

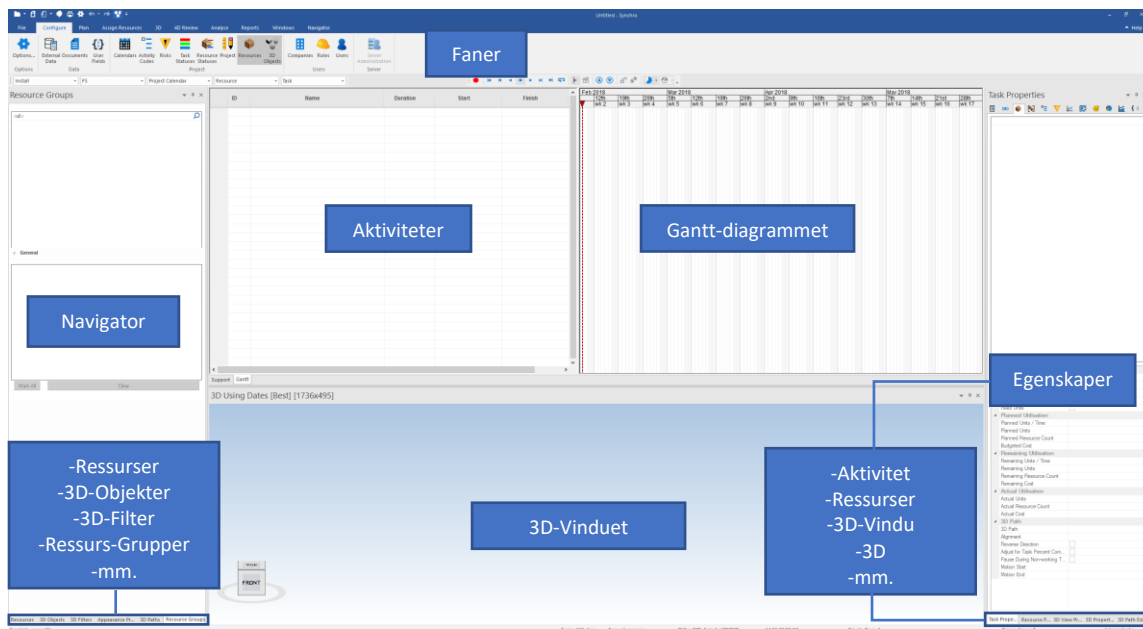
1. Hvilken prosedyre er gjeldene for BIM på Ø16?
2. Hvilke områder brukes BIM på?
3. Hvem har ansvaret for BIM på Ø16?
4. Hvordan styres informasjonen som angår BIM på Ø16?
5. Hvilke utfordringer har det vært på Ø16?
6. På hvilken måte har BIM hatt en positiv effekt på Ø16?
7. Annen relevant informasjon, kommentar til BIM, generelt og internt?

Vedlegg A3 - Graveplan

Vedlegg A4 - Gjennomgang av funksjoner i Synchro PRO

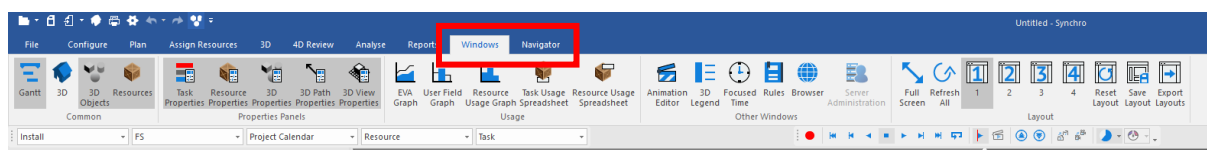
1 Praktisk bruk av Synchro Pro

Programvaren har et oversiktlig brukergrensesnitt, og inneholder en del viktige faner med nødvendige funksjoner og muligheter. Ved oppstart av et nytt prosjekt vil alle åpne vinduer være tomme.



Figur 1.1: Nytt prosjekt i Synchro PRO

Hvilke vinduer som er åpne og synlige i programmet velges ut i fra fanene "Windows" og "Navigator". Dette er viktige verktøy som er avgjørende for et hvilket som helst prosjekt.



Figur 1.2: Faner i Synchro PRO

Det er to hovedelementer i programmet; Fremdriftsplanen og 3D-modellen(e). Fremdriftsplanen kan opprettes og utarbeides i programmet, mens 3D-modellen(e) må importeres som IFC-filer. Det er funksjoner i programmet som gjør det mulig å redigere objekter som ved å flytte på dem, dele dem opp samt endre størrelse og farge. Utover dette egner det seg ikke som et modelleringsverktøy. Videre er det også mulig å importere 3D-objekter som gravemaskiner, lastebiler og tårnkraner mm, både for praktisk planlegging og for visualisering. Disse kan også kategoriseres som ressurser.

Som nevnt ovenfor er det to muligheter vedrørende fremdriftsplanen. Den kan opprettes og utarbeides i programmet, eller den kan importeres ferdigprodusert i et annet planleggingsverktøy, hvorav det mest vanlige i byggebransjen er MS-Project. Videre i dette kapittelet er det tatt utgangspunkt i at en ferdig fremdriftsplan er importert fra MS-Project for vurdering og beskrivelse av fremgangsmåten.

For at Synchro Pro skal kunne lese en fremdriftsplan produsert i MS-Project, må filen først eksporteres fra MS-Project som en XML-fil. XML er et markeringsspråk som brukes til å definere spesialiserte språk for spesifikke behov, og utgjør en standardisert måte for forskjellige programvarer og applikasjoner å kommunisere på (SNL, 2018). Etter dette kan 3D-modellen(e) importeres. Dette er ikke en nødvendig måte å starte opp et nytt prosjekt på, og kan utføres i motsatt rekkefølge.

Når fremdriftsplanen og 3D-modellen blir importert vil de ikke være koblet sammen. 3D-modellene som blir levert av de prosjekterende viser bygningsdeler eller hele bygget i ferdig tilstand. Dette gjør det nødvendig å jobbe bakover for å kunne lenke det som ligger i bunn på 3D-modellen med det som ligger først i fremdriftsplanen. Det vil si at objektene som representerer det første dekket som skal støpes, (De må ikke men de bør absolutt) først må isoleres og/eller grupperes før de kan lenkes mot den aktiviteten i fremdriftsplanen som representerer støp av det første dekket. Det er flere måter å sortere, isolere og gruppere objekter på.

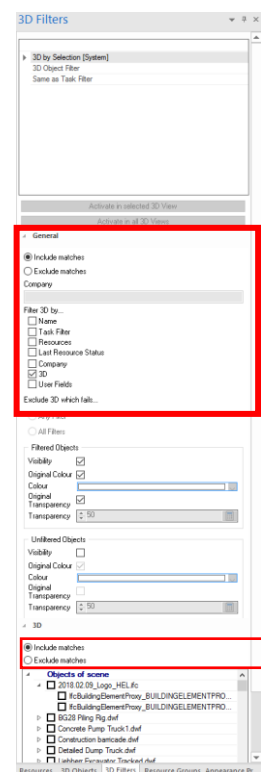
1.1 Sortering og gruppering av 3D-objekter

For å opprettholde et strukturert og oversiktlig PRO-prosjekt er det viktig å organisere objektene på en måte som gjør dem enkle å ta frem og skjule. Dette kan gjøres ved å opprette 3D-filtre eller gruppere et eller flere objekter sammen.

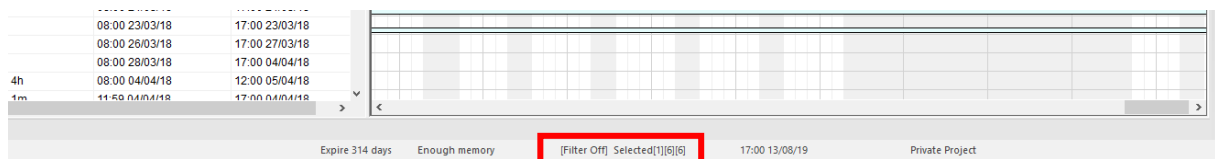
1.1.1 3D-Filter

Et 3D-filter som er aktivert avgjør hva som vises i 3D-vinduet. Disse 3D-filtrene defineres ut i fra flere forskjellige parametere som navn, aktivitet, entreprenør, ressurser, siste ressursstatus, 3D-ressurser og brukerfelt. Filtring av objektene kan brukes for å enklere gruppere og sortere, eller for å kunne vise deler av bygget som for eksempel etasjene hver for seg. For å lage et 3D-filter må først 3D-filter funksjonen åpnes og være aktiv i "Navigator" som vist på figur 1.3. Videre kan de forskjellige 3D-filtrene opprettes ved å manuelt skrive inn eller huke av parameterne som er hensiktsmessig at et filter skal ta hensyn til. Nederst i 3D-filter vinduet er valgalternativet om filteret skal inkludere eller ekskludere de objektene som faller inn under de valgte parameterne. Dette kan også gjøres ved å markere de objektene direkte i 3D-vinduet. Det sistnevnte er et såkalt "3D by Selection"-filter og fremstår som den enkleste måten å opprette et filter på. 3D-filtrene aktiveres og deaktiveres manuelt etter behov, og er en effektiv og enkel måte å skape oversikt i prosjektet på. At dette må gjøres manuelt kan dog skape forvirring om man glemmer at et filter er aktivert.

Det er også mulig å filtrere det som vises i 3D-vinduet uten å opprette et permanent 3D-filter. Dette gjøres ved å markere objekter direkte i 3D-vinduet for så å velge om de skal isoleres eller skjules. Dette er en mer tidsbesparende måte å filtrere ut på og et viktig hjelpemiddel i opprettelsen av grupper. En utfordring ved denne metoden er at de objektene som filtreres bort fortsatt er markerte selv om de ikke lengre er synlige i 3D-vinduet. Dette kan føre til at de skjulte objektene blir gruppert med objekter som fortsatt er synlige i 3D-vinduet. Dette er en gjennomgående utfordring for brukere av PRO, på den måten at objekter forblir markerte helt til de manuelt blir umarkert. For at et objekt ikke lengre skal være markert må en trykke på ESC-knappen på tastaturet. Antall objekter som til enhver tid er markert og hvorvidt et filter er aktivert eller ikke, kommer frem av hjelpelinjen nederst i programmet som vist på figur 1.4.



Figur 1.3: 3D-Filter



Figur 1.4: Hjelpelinjen i Synchrono PRO

Dette er viktig informasjon som en til enhver tid burde ha oversikt over for å hindre at objekter blir lagt inn i uønskede filtre, grupperinger eller aktiviteter.

1.1.2 Gruppering av 3D-objekter

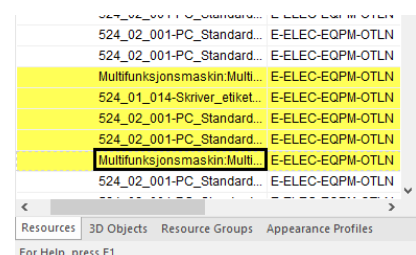
Gruppering av objekter skaper struktur og oversikt som gjør det enklere å håndtere et prosjekt. Dette bidrar også til en mer effektiv lenking av aktiviteter og objekter. Gruppering kan være tidkrevende, avhengig av detaljnivået og størrelsen på 3D-modellene. Gruppene opprettes ved å markere de objektene, etterfulgt av høyre musetast slik at nedfallsmenyen kommer frem. Her velges "Groups" -> "Create group from selected". Når dette er gjort vil en navneboks komme frem hvor en navngir gruppen hensiktsmessig etter innhold. Grupper kan lenkes til aktiviteter men vil da operere som et objekt ved fremdriftsvisualisering.

1.2 Lenking av 3D-objekter til aktiviteter

I Synchrono PRO må objektene lenkes sammen med aktivitetene. Det vil si at når det står i fremdriftsplanen at et dekke skal støpes, så må det 3D-objektet som representerer det aktuelle dekke lenkes mot aktiviteten. Det er dette som avgjør hva som vises i 3D-vinduet basert på hvor fokuslinjen i fremdriftsplanen er stilt inn. Videre er det verdt å merke seg at markerte objekter vises i lilla farge. Denne fargen kan endres.

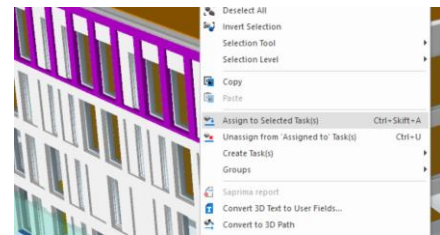
Det er flere måter å lenke 3D-objekter og aktiviteter sammen på;

Manuell "Click, drag and Drop" – Dette er kanskje den enkleste og mest intuitive metoden og kan gjøres på flere forskjellige måter. Her kan en eller flere objekter markeres i 3D-vinduet, så holdes venstre musetast og Alt-knappen på tastaturet inne, før objektet eller objektene kan føres over til fremdriftsplanen og inn i den aktiviteten objektene skal lenkes til. Det samme kan gjøres fra "Navigator"-vinduet. Her velges "Resources" som er en liste over alle de individuelle 3D-ressursene. Objektene blir automatisk markert i denne listen om de markers i 3D-vinduet. De kan også markeres manuelt i listen. Videre dras de markerte objektene over i fremdriftsplanen og inn i den aktuelle aktiviteten. Denne metoden gjelder også for å lenke grupper til aktiviteter. Fra "Resource Group"-vinduet, vil alle gruppene som er opprettet være listet opp. På samme måte som de overnevnte metodene må den ønskede gruppen dras over i fremdriftsplanen og inn i den ønskede aktiviteten.



Figur 1.5: Ressurs-listen

Asssing To Selected Task(s) – Denne metoden avhenger av at aktiviteten som objektene skal lenkes til blir markert først. Videre kan et eller flere objekter markeres, så må høyre musetast trykkes på slik at en nedfallsmeny kommer frem som vist på figur 1.6. Her velger velges "Assign to Selected task(s)".

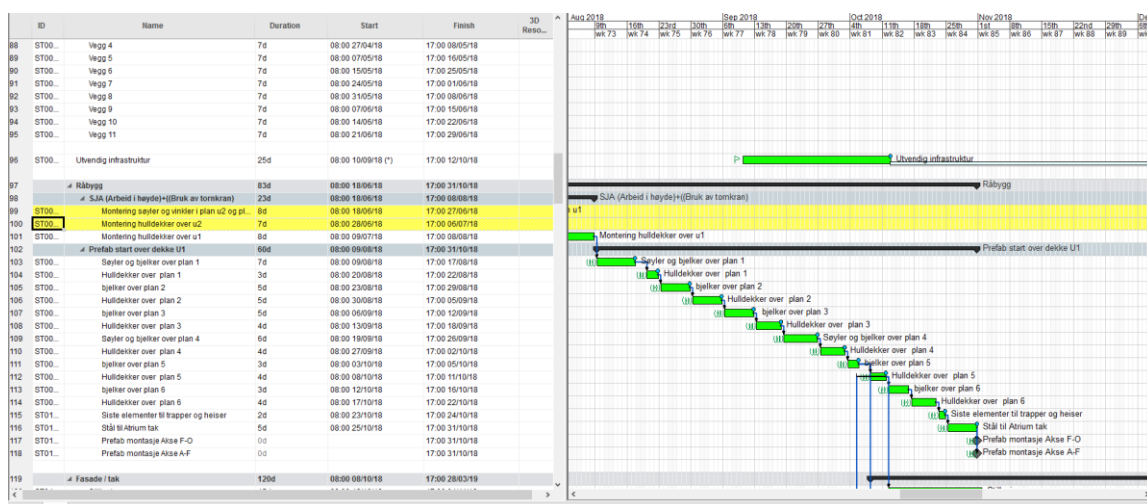


Figur 1.6: Nedfallsmeny i Synchro PRO

Auto-matching – Dette virker som den mest kompliserte måten å lenke sammen aktiviteter og ressurser på, men blir beskrevet av Synchro PRO som den raskeste. Denne funksjonen vil automatisk lenke ressurser til aktiviteter ved hjelp av egendefinerte filtre og søkereglene, som vil resultere i en "match" mellom ressurs og aktivitet. Hvorvidt en ressurs og en aktivitet "matcher" avgjøres av ressurs-navn, aktivitets-navn, aktivitets-ID eller aktivitet-kommentar. Dette gjør at det er mulig med en rekke forskjellige kombinasjoner og metoder for å utføre et søk etter "matcher", noe som krever en kompleks og innviklet operasjon basert på informasjon gitt av brukeren, og krever tid for å skaffe en oversikt over slik at funksjonen kan nyttiggjøres. I denne oppgaven lyktes det ikke å få denne funksjonen til å fungere.

1.3 Fremdriftsplanen og aktiviteter

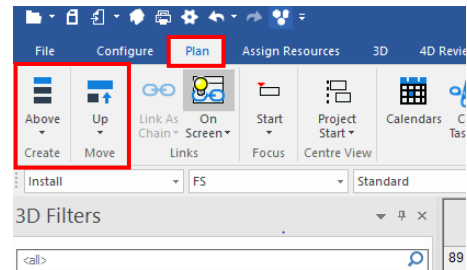
Fremdriftsplanen er visualisert ved hjelp av to vinduer. Et for aktivitetene og et for Gantt-skjemaet. Aktivitetene er delt inn i hovedaktiviteter med tilhørende underaktiviteter, samt en rekke rader som indikerer varighet, start- og sluttdato for aktivitetene. Raden kalt "3D-Resources" representerer antall 3D-ressurser som er lenket til den aktuelle aktiviteten. Tall i parentes indikerer hvor mange ressurser det er i hovedaktiviteten til sammen, mens tall uten parentes indikerer hvor mange ressurser det er i den gitte aktiviteten. Dette er en enkel og effektiv måte å holde oversikt over hvilke aktiviteter som er lenket til ressurser og ikke.



Figur 1.7: Fremdriftsplan og Gantt-diagram i Synchro PRO

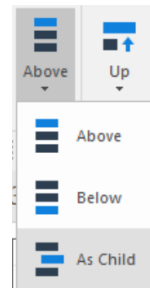
For at en 4D-modell skal være nyttig må den være detaljert. Dette gjør at en tradisjonelt inndelt fremdriftsplan må detaljeres etter import, og da som regel i form av flere underaktiviteter. Eksempelvis "Montering søyler og vinkler i plan u2 og plan u1" og "Montering hulldekker over U2", som i figur 1.7 har fått tildelt en aktivitet pr. etasje.

Ingen av disse aktivitetene sier noe om hvilket felt av hulldekker som monteres først, om det skal monteres hulldekker fra Nord mot Sør, eller hva som skal monteres først av søyler og bjelker. Dette kan kanskje for noen si seg selv eller ikke være relevant så lenge det blir gjennomført innenfor avtalt tid. Men for å få en så realistisk og nyttig fremdriftsvisualisering og 4D-modell som mulig, må dette spesifiseres. Dette gjøres ved å redigere fremdriftsplanen ved å legge til underaktiviteter. Dette gjøres enkelt via "Plan"-fanen øverst i vinduet. Denne fanen tilbyr to knapper for redigering av aktiviteter kalt "Create" og "Move" og er i seg selv ganske selvforklarende. For å endre på eksisterende aktiviteter velges "Move", for å legge til aktiviteter velges "Create" og for å slette aktiviteter markeres aktiviteten for så å trykke på "Delete"-knappen på tastaturet. For å detaljere fremdriftsplanen må det som nevnt tidligere legges til flere underaktiviteter via "Create"-knappen som tilbyr tre alternativer;



Figur 1.8: Opprette nye aktiviteter

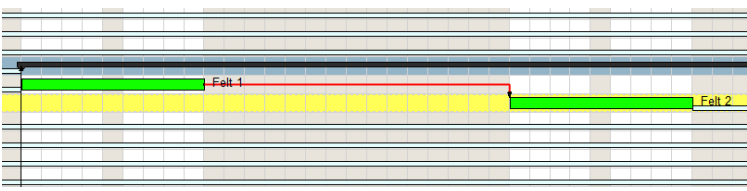
- **Above** (over) – Legger til en aktivitet over den markerte aktiviteten i fremdriftsplanen (ctrl+i)
- **Below** (under) – Legger til en aktivitet under den markerte aktiviteten i fremdriftsplanen (ctrl+Shift+i)
- **As Child** (underaktivitet) – Legger til en underaktivitet i den markerte aktiviteten i fremdriftsplanen uavhengig av om det er en hoved- eller underaktivitet fra før (Ctrl+Alt+Shift+i).

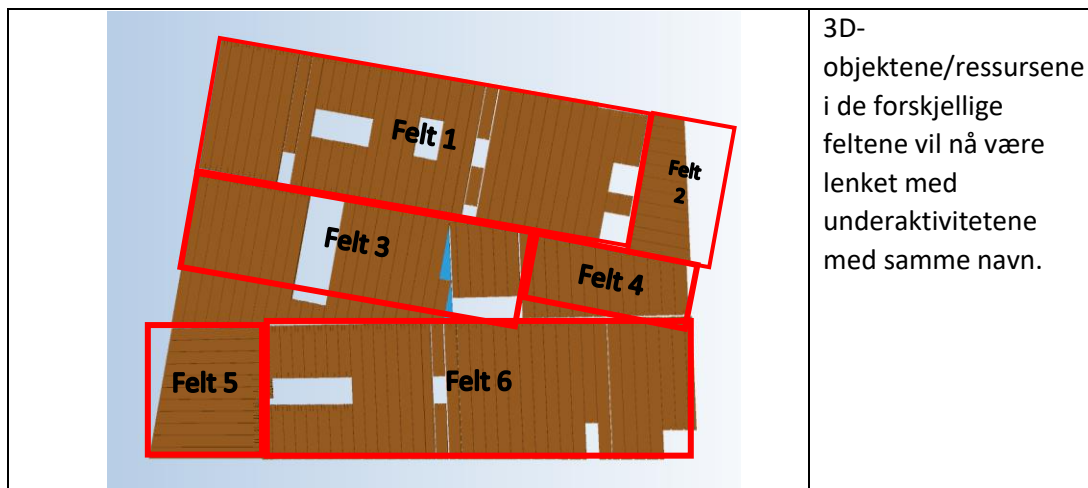


Figur 1.9 Plassering av nye aktiviteter

Med dette kan for eksempel montering av hulldekker deles inn i et gitt antall felt, alt etter hva som er planen til entreprenøren som står for monteringen. Dette gjør også at varigheten må fordeles på det bestemte antallet felter. Dette kan fordeles likt eller etter samtaler med montør. Nye underaktiviteter vil få tildelt start- og sluttdato samt varighet som vist i tabell 1.1, noe som kunne vært løst annerledes. Det hadde spart mye tid om varigheten til hovedaktiviteten hatt blitt automatisk fordelt på de nye underaktivitetene, slik at de ikke hadde samme start- og sluttdato. Dette må gjøres manuelt og kan være tidkrevende arbeid, samt litt knotete som følge av små knapper og eksisterende koblinger mellom aktiviteter. Tabell 1.1 viser et eksempel på denne fremgangsmåten.

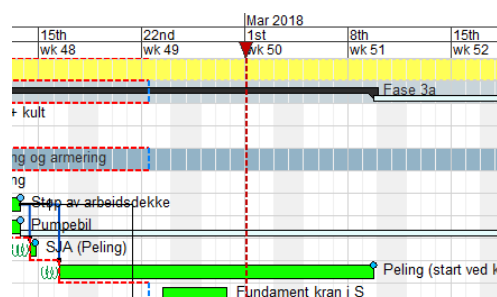
Tabell 1.1: Opprettelse av nye underaktiviteter

<table border="1"> <tr> <td>105</td> <td>ST00...</td> <td>Montering hulldekker over u2</td> <td>7d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 06/07/18</td> </tr> <tr> <td>106</td> <td>ST02...</td> <td>Felt 1</td> <td>7d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 06/07/18</td> </tr> <tr> <td>107</td> <td>ST02...</td> <td>Felt 2</td> <td>1d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 28/06/18</td> </tr> <tr> <td>108</td> <td>ST02...</td> <td>Felt 3</td> <td>1d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 28/06/18</td> </tr> <tr> <td>109</td> <td>ST02...</td> <td>Felt 4</td> <td>1d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 28/06/18</td> </tr> <tr> <td>110</td> <td>ST02...</td> <td>Felt 5</td> <td>1d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 28/06/18</td> </tr> <tr> <td>111</td> <td>ST02...</td> <td>Felt 6</td> <td>1d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 28/06/18</td> </tr> </table>	105	ST00...	Montering hulldekker over u2	7d	08:00 28/06/18	17:00 06/07/18	106	ST02...	Felt 1	7d	08:00 28/06/18	17:00 06/07/18	107	ST02...	Felt 2	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18	108	ST02...	Felt 3	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18	109	ST02...	Felt 4	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18	110	ST02...	Felt 5	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18	111	ST02...	Felt 6	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18	<p>Den første underaktiviteten (Felt 1) vil få samme varighet som hovedaktiviteten, mens resterende får varighet på en dag med samme start- og sluttdato.</p>																		
105	ST00...	Montering hulldekker over u2	7d	08:00 28/06/18	17:00 06/07/18																																																								
106	ST02...	Felt 1	7d	08:00 28/06/18	17:00 06/07/18																																																								
107	ST02...	Felt 2	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18																																																								
108	ST02...	Felt 3	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18																																																								
109	ST02...	Felt 4	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18																																																								
110	ST02...	Felt 5	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18																																																								
111	ST02...	Felt 6	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18																																																								
<table border="1"> <tr> <td>ST00...</td> <td>Montering søyler og vinkler i plan u2 og pl...</td> <td>8d</td> <td>08:00 18/06/18</td> <td>17:00 27/06/18</td> </tr> <tr> <td>ST00...</td> <td>Montering hulldekker over u2</td> <td>7d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 06/07/18</td> </tr> <tr> <td>ST02...</td> <td>Felt 1</td> <td>7d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 06/07/18</td> </tr> <tr> <td>ST02...</td> <td>Felt 2</td> <td>1d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 28/06/18</td> </tr> <tr> <td>ST02...</td> <td>Felt 3</td> <td>1d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 28/06/18</td> </tr> <tr> <td>ST02...</td> <td>Felt 4</td> <td>1d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 28/06/18</td> </tr> <tr> <td>ST02...</td> <td>Felt 5</td> <td>1d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 28/06/18</td> </tr> <tr> <td>ST02...</td> <td>Felt 6</td> <td>1d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 28/06/18</td> </tr> <tr> <td>ST00...</td> <td>Montering hulldekker over u1</td> <td>8d</td> <td>08:00 09/07/18</td> <td>17:00 17/07/18</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Prefab start over dekke U1</td> <td>60d</td> <td>08:00 09/08/18</td> <td>17:00 27/09/18</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fasade / tak</td> <td>120d</td> <td>08:00 08/10/18</td> <td>17:00 27/01/19</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Innvandings arbeider</td> <td>180d</td> <td>08:00 05/10/18</td> <td>17:00 27/01/19</td> </tr> </table>	ST00...	Montering søyler og vinkler i plan u2 og pl...	8d	08:00 18/06/18	17:00 27/06/18	ST00...	Montering hulldekker over u2	7d	08:00 28/06/18	17:00 06/07/18	ST02...	Felt 1	7d	08:00 28/06/18	17:00 06/07/18	ST02...	Felt 2	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18	ST02...	Felt 3	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18	ST02...	Felt 4	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18	ST02...	Felt 5	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18	ST02...	Felt 6	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18	ST00...	Montering hulldekker over u1	8d	08:00 09/07/18	17:00 17/07/18		Prefab start over dekke U1	60d	08:00 09/08/18	17:00 27/09/18		Fasade / tak	120d	08:00 08/10/18	17:00 27/01/19		Innvandings arbeider	180d	08:00 05/10/18	17:00 27/01/19	<p>Varigheten, start- og sluttdato til hver underaktivitet må endres via kalenderen i start- og sluttdato-fanene, på en sånn måte at hovedaktiviteten ikke endrer varighet.</p>
ST00...	Montering søyler og vinkler i plan u2 og pl...	8d	08:00 18/06/18	17:00 27/06/18																																																									
ST00...	Montering hulldekker over u2	7d	08:00 28/06/18	17:00 06/07/18																																																									
ST02...	Felt 1	7d	08:00 28/06/18	17:00 06/07/18																																																									
ST02...	Felt 2	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18																																																									
ST02...	Felt 3	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18																																																									
ST02...	Felt 4	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18																																																									
ST02...	Felt 5	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18																																																									
ST02...	Felt 6	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18																																																									
ST00...	Montering hulldekker over u1	8d	08:00 09/07/18	17:00 17/07/18																																																									
	Prefab start over dekke U1	60d	08:00 09/08/18	17:00 27/09/18																																																									
	Fasade / tak	120d	08:00 08/10/18	17:00 27/01/19																																																									
	Innvandings arbeider	180d	08:00 05/10/18	17:00 27/01/19																																																									
<table border="1"> <tr> <td>ST00...</td> <td>Montering hulldekker over u2</td> <td>7d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 06/07/18 (*)</td> </tr> <tr> <td>ST00...</td> <td>Felt 1</td> <td>1d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 28/06/18</td> </tr> <tr> <td>ST00...</td> <td>Felt 2</td> <td>1d</td> <td>08:00 29/06/18</td> <td>17:00 29/06/18</td> </tr> <tr> <td>ST00...</td> <td>Felt 3</td> <td>1d</td> <td>08:00 02/07/18</td> <td>17:00 02/07/18</td> </tr> <tr> <td>ST00...</td> <td>Felt 4</td> <td>1d</td> <td>08:00 03/07/18</td> <td>17:00 03/07/18</td> </tr> <tr> <td>ST00...</td> <td>Felt 5</td> <td>1d</td> <td>08:00 04/07/18</td> <td>17:00 04/07/18</td> </tr> <tr> <td>ST00...</td> <td>Felt 6</td> <td>2d</td> <td>08:00 05/07/18</td> <td>17:00 06/07/18</td> </tr> </table>	ST00...	Montering hulldekker over u2	7d	08:00 28/06/18	17:00 06/07/18 (*)	ST00...	Felt 1	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18	ST00...	Felt 2	1d	08:00 29/06/18	17:00 29/06/18	ST00...	Felt 3	1d	08:00 02/07/18	17:00 02/07/18	ST00...	Felt 4	1d	08:00 03/07/18	17:00 03/07/18	ST00...	Felt 5	1d	08:00 04/07/18	17:00 04/07/18	ST00...	Felt 6	2d	08:00 05/07/18	17:00 06/07/18	<p>Når varighet, start- og sluttdato for alle underaktivitetene er endret, må de nye underaktivitetene kobles sammen i Gantt-skjemaet.</p>																									
ST00...	Montering hulldekker over u2	7d	08:00 28/06/18	17:00 06/07/18 (*)																																																									
ST00...	Felt 1	1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18																																																									
ST00...	Felt 2	1d	08:00 29/06/18	17:00 29/06/18																																																									
ST00...	Felt 3	1d	08:00 02/07/18	17:00 02/07/18																																																									
ST00...	Felt 4	1d	08:00 03/07/18	17:00 03/07/18																																																									
ST00...	Felt 5	1d	08:00 04/07/18	17:00 04/07/18																																																									
ST00...	Felt 6	2d	08:00 05/07/18	17:00 06/07/18																																																									
	<p>Ved å markere en aktivitet i Gantt-skjemaet og holde musepekeren ved endt aktivitet (høyreside av grønn boks) kan en dra koblingen til neste aktivitet, og på den måten koble aktiviteter sammen.</p>																																																												
<table border="1"> <tr> <td>38</td> <td>ST00...</td> <td>Montering hulldekker over u2</td> <td>(202) 7d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 06/07/18 (*)</td> </tr> <tr> <td>39</td> <td>ST00...</td> <td>Felt 1</td> <td>44 1d</td> <td>08:00 28/06/18</td> <td>17:00 28/06/18</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>ST00...</td> <td>Felt 2</td> <td>37 1d</td> <td>08:00 29/06/18</td> <td>17:00 29/06/18</td> </tr> <tr> <td>41</td> <td>ST00...</td> <td>Felt 3</td> <td>45 1d</td> <td>08:00 02/07/18</td> <td>17:00 02/07/18</td> </tr> <tr> <td>42</td> <td>ST00...</td> <td>Felt 4</td> <td>46 1d</td> <td>08:00 03/07/18</td> <td>17:00 03/07/18</td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>ST00...</td> <td>Felt 5</td> <td>12 1d</td> <td>08:00 04/07/18</td> <td>17:00 04/07/18</td> </tr> <tr> <td>44</td> <td>ST00...</td> <td>Felt 6</td> <td>18 2d</td> <td>08:00 05/07/18</td> <td>17:00 06/07/18</td> </tr> </table>	38	ST00...	Montering hulldekker over u2	(202) 7d	08:00 28/06/18	17:00 06/07/18 (*)	39	ST00...	Felt 1	44 1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18	40	ST00...	Felt 2	37 1d	08:00 29/06/18	17:00 29/06/18	41	ST00...	Felt 3	45 1d	08:00 02/07/18	17:00 02/07/18	42	ST00...	Felt 4	46 1d	08:00 03/07/18	17:00 03/07/18	43	ST00...	Felt 5	12 1d	08:00 04/07/18	17:00 04/07/18	44	ST00...	Felt 6	18 2d	08:00 05/07/18	17:00 06/07/18	<p>Hver av underaktivitetene kan nå lenkes til de ressursene som representerer de angitte feltene.</p>																		
38	ST00...	Montering hulldekker over u2	(202) 7d	08:00 28/06/18	17:00 06/07/18 (*)																																																								
39	ST00...	Felt 1	44 1d	08:00 28/06/18	17:00 28/06/18																																																								
40	ST00...	Felt 2	37 1d	08:00 29/06/18	17:00 29/06/18																																																								
41	ST00...	Felt 3	45 1d	08:00 02/07/18	17:00 02/07/18																																																								
42	ST00...	Felt 4	46 1d	08:00 03/07/18	17:00 03/07/18																																																								
43	ST00...	Felt 5	12 1d	08:00 04/07/18	17:00 04/07/18																																																								
44	ST00...	Felt 6	18 2d	08:00 05/07/18	17:00 06/07/18																																																								



1.4 Fremdriftsvisualisering

Først når alle 3D-objektene/ressursene er lenket til aktivitetene vil en visuell presentasjon av fremdriften være mulig. Det er arbeidet opp til dette punktet som er mest tidskrevende. Hva som vises i 3D-vinduet etter dette arbeidet avgjøres av fokuslinja som er en rød stiplede linje vertikalt i Gantt-skjemaet som vist på figur 1.10. Det som ligger på fokuslinja vil vises som en pågående aktivitet basert på hvilken type "Appearance Profile" (Utseende-profil) brukeren tilegner ressursene. Disse utseende-profilene bestemmer hvordan og når objektene vises og kan være en av følgende:



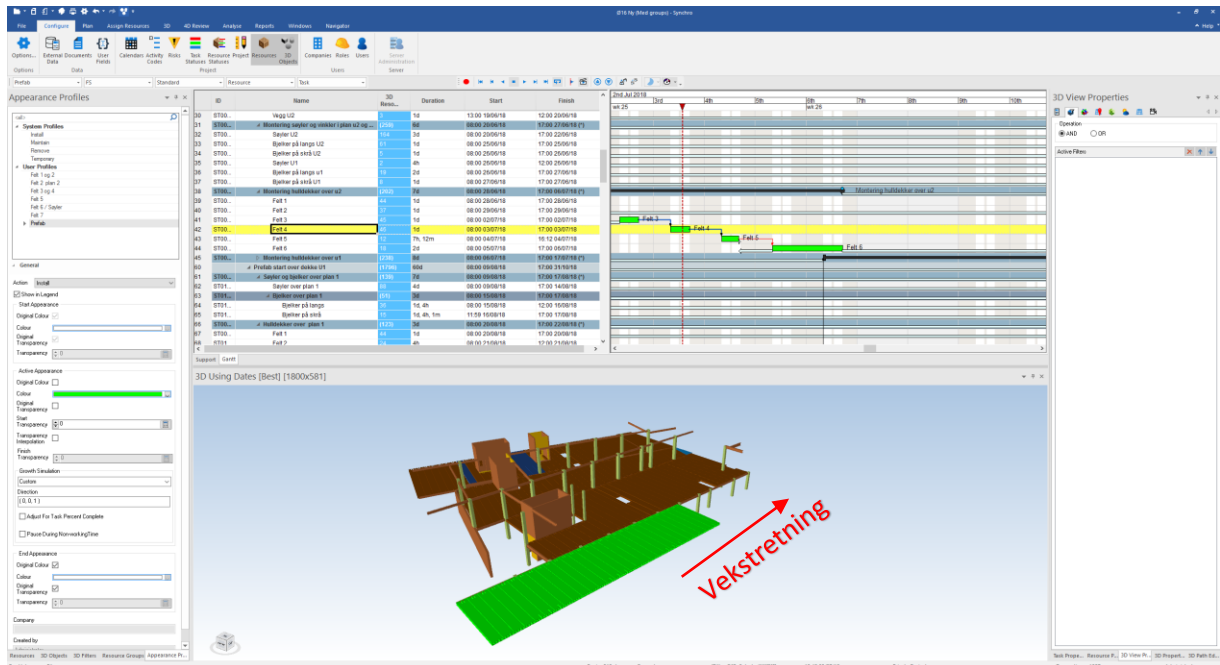
Figur 1.10: Fokuslinja i Synchro PRO

- Install – Gjelder for alle objekter som skal installeres, monteres eller bygges. Dette gjelder stort sett for de fleste av bygningsdelene i et bygg og er den vanligste utseende-profilen. Ressurser vil ikke vises før fokuslinja er plassert over tidspunktet for aktiviteten, men vil bli stående som synlig etter at aktiviteten er ferdig.
- Maintain – Brukes for å indikere at en bygningsdel vedlikeholdes. Ressurser vil alltid være synlig både før og etter at fokuslinja er plassert over tidspunktet for aktiviteten, med mindre egendefinerte utseende-profiler tilegnes.
- Remove – Ved fjerning av ressurser, for eksempel ved grunnforhold når masser skal graves bort. Ressurser vil være synlig før fokuslinja er plassert på tidspunktet for aktiviteten, men ikke etter.
- Temporary – Kan brukes på kjøretøy som gravemaskiner og lastebiler, eller andre midlertidige ressurser. Ressurser vil kun være synlige når fokuslinja er plassert over tidspunktet for aktiviteten.

Det kan også opprettes egendefinerte utseende-profiler som kan lagres og brukes på flere ressurser. Felles for alle utseende-profilene er at ved bruk vil de aktuelle ressursene bli markert med farge når aktiviteten pågår. Når aktiviteten er ferdig vil ressursene gå tilbake til sin originale farge. Dette er for å indikere at det er en pågående aktivitet. Videre kan det bestemmes hvordan utseende-profilene skal vise frem eller fjerne ressursene ved hjelp av "Growth Simulation" (Vekstsimulering/vekstretning). Det vil si om en vegg skal installeres fra venstre til høyre, eller fra bunn til topp, eller om en jordmasse skal

fjernes fra bakkant mot front. Vekstsimuleringen kan også defineres etter eget ønske, noe som gir fritt spillerom til hvordan en bygningsdel vises under produksjon.

Figur 1.11 viser montering av "hulldekker felt 4" hvor både utseende-profil og vekstsimuleringen er egendefinert. I dette tilfelle er felt 4 markert i grønt som indikerer en pågående aktivitet.



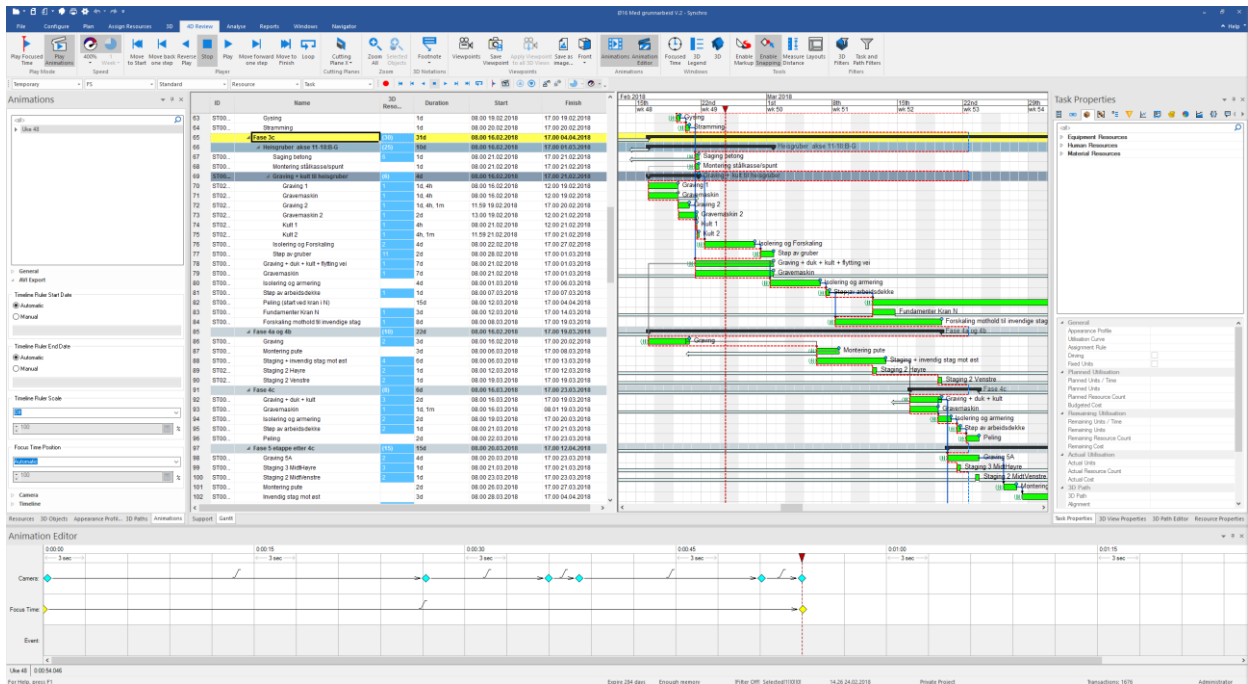
Figur 1.11: Montering av hulldekker felt 4 med vekstretning

Etter at alle aktiviteter og objekter er lenket sammen og objektene har blitt tildelt utseendeprofil og vekstsimulering, kan det produseres en fremdriftsanimasjon.

1.5 Fremdriftsanimasjon

Det er flere bruksområder for en fremdriftsanimasjon, og den kan brukes mot kunder og potensielle samarbeidspartnere, eller andre involverte aktører. Under et prosjekt kan den brukes under fremdriftsmøter, internmøter og ute på byggeplass ved hjelp av enten en BIM-kiosk eller løsninger som Synchro SITE.

Selve animasjonsfunksjonen i Synchro PRO er enkel og intuitiv samtidig som den gir mulighet til variasjon og dynamikk.



Figur 1.12: Animasjonseditoren i Synchro PRO

For å opprette en animasjon må animasjonsvinduet og animasjonseditoren som vist i figur 1.12 være åpne. Videoen settes sammen av bestemte punkter i animasjonseditoren. Animasjonseditoren består av tre kanaler:

- Camera – definerer bevegelse, vinkel, posisjon og zoom for kameraet
- Focus Time – definerer tidslinjen. Det vil si animasjonens start- og slutt punkt
- Event – definerer hendelser i animasjonen, som tekst og endringer av objekter for spesielle innsyn mm.

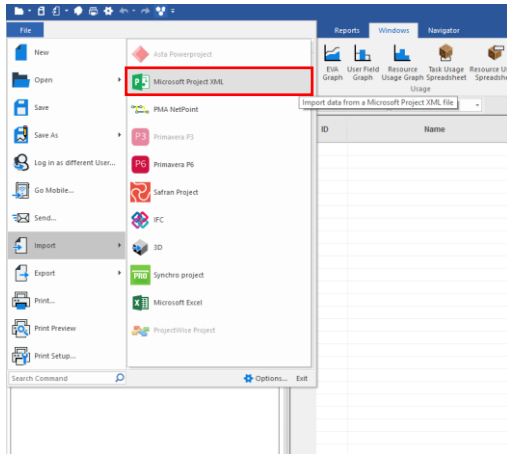
Tidslinjen defineres ved å plassere fokuslinja på den datoen i gantt-diagrammet som skal representere starten av animasjonen. Videre må det venstre-klikkes i Focus Time-kanalen i animasjonseditoren ved "0"-sekunder slik at en gul Focus Time-markør blir plassert ut. Dette angir startpunktet i animasjonen. Etter dette plasseres fokuslinja på den datoen i gantt-diagrammet som skal representere slutten av animasjonen. På samme måte som ved start-markøren, plasseres slutt-markøren ved å venstre-klikke i Fokus Time-kanalen. Hvor denne markøren plasseres bestemmer hastigheten på animasjonen. Om sluttmarkøren plasseres ved punktet for 10 sekunder, vil alt innenfor start- og sluttmarkøren vises i løpet av 10 sekunder.

Samme prinsipp gjelder for vinkel, bevegelse og zoom for kameraet i camera-kanalen. Ved å venstre-klikke i camera-kanalen slik at en turkis cameramarkør oppstår, "låses" den fremvisningen som er i 3D-vinduet, helt til en ny markør med ny vinkel blir plassert ut.

Redigeringen av en animasjon er enkel og lett å endre. Det er også mulig å generere flere små animasjoner som kun fokuserer på en del av et arbeid, som for eksempel støp av heissjakter eller montasje av hulldekker. Animasjonen eksporteres enkelt til en AVI. Fil som kan spilles av på de fleste medieavspillere.

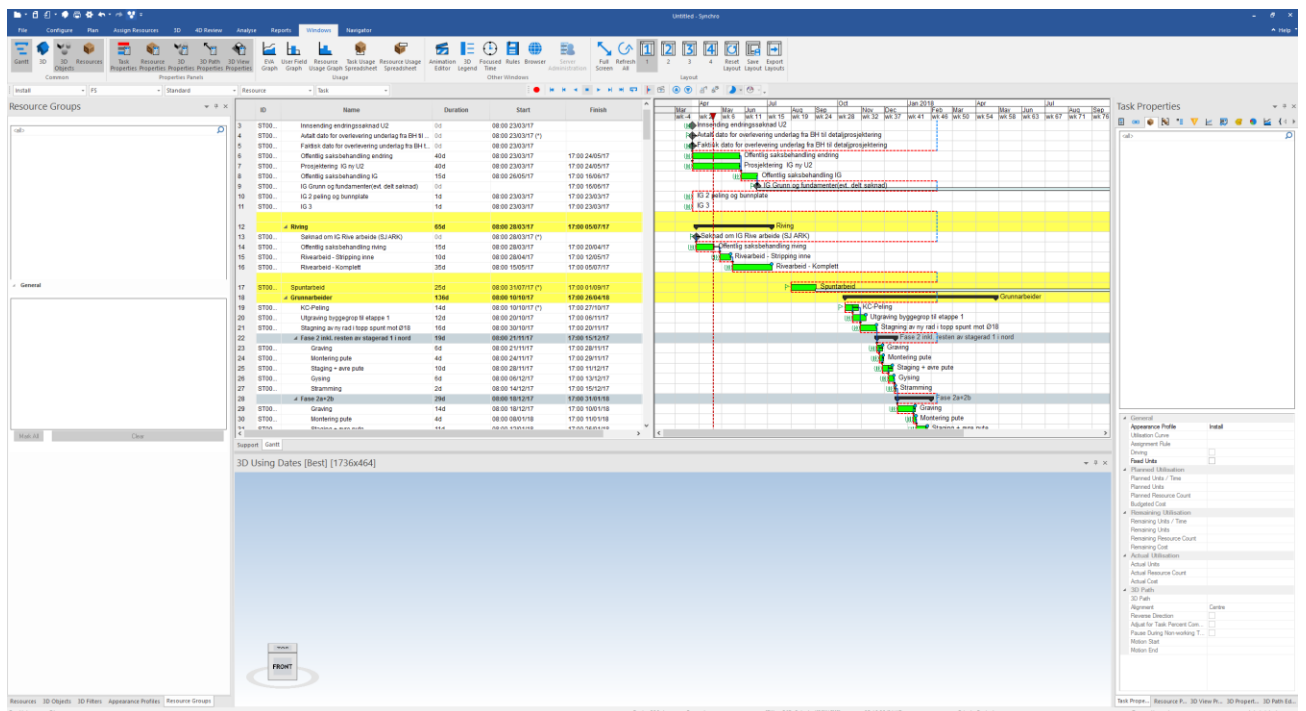
2 Oppstart

Det ble startet et nytt prosjekt i Synchro Pro kalt Ø16. Den opprinnelige fremdriftsplanen utarbeidet av anleggsleder på prosjektet ble så importert inn fra MS-Project i form av en XML-fil.



Figur 2.1: Importering av fremdriftsplan, XML-fil

Ved ferdig importering så fremdriftsplanen slik ut:

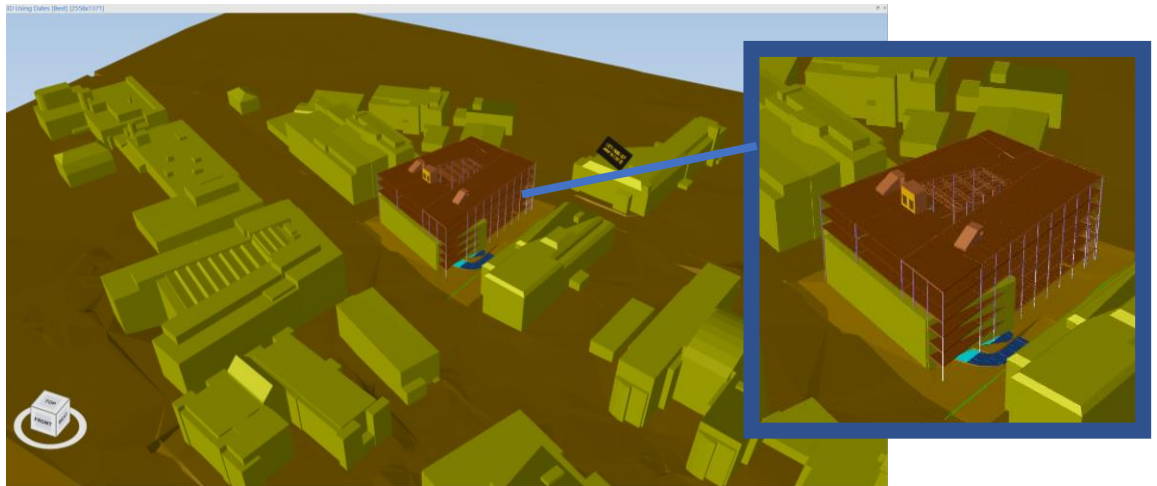


Figur 2.2: Fremdriftsplan importert i Synchro PRO

Etter at fremdriftsplanen ble importert, gjensto importeringen av BIM-modellene for prosjektet. Ved bruk av programmet på et prosjekt fra start til slutt, ville det være naturlig å importere alle BIM-modellene fra alle prosjekterende. Men da det i denne oppgaven var begrenset med tid, ble det bare

importert tre BIM-modeller, henholdsvis grunnforhold, prefabrikkert betong med søyler og bjelker (RIB) samt plasstøpt betong (RIBp). På dette prosjektet var det den interne BIM-koordinatoren som modellerte 3D-modellen for grunnforholdene, basert på gravefasene i den opprinnelige fremdriftsplanen. Denne inneholdt også en forenklet modell av det eksisterende bygget som ble revet før byggestart.

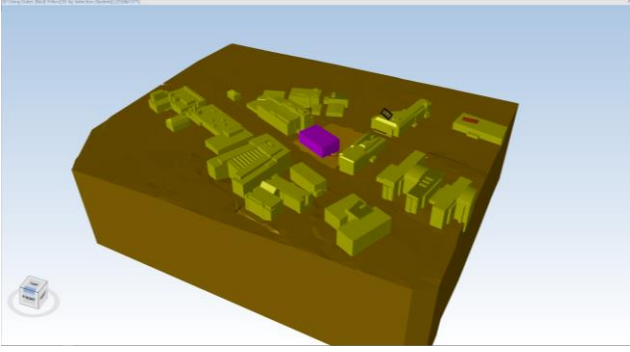
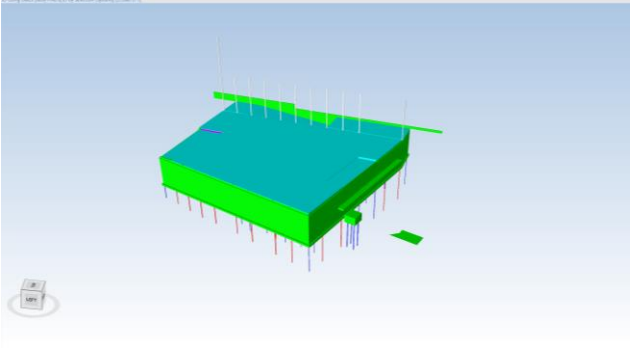
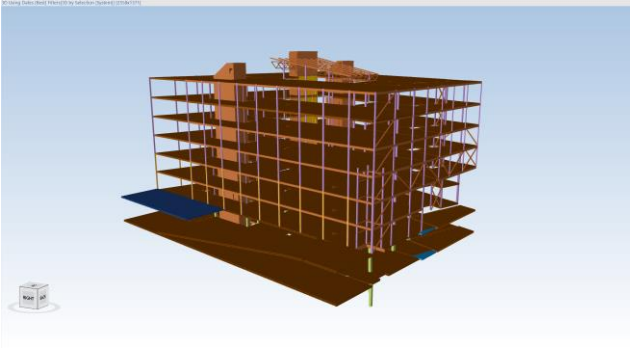
Når IFC-filene for alle de valgte fagområdene for denne oppgaven var importert så modellen ut som vist på figur 2.3.



Figur 2.3: 4D modell med alle IFC-filer importert

Tabell 2.1 på neste side viser hvordan disse tre modellene så ut hver for seg.

Tabell 2.1: IFC-modellene i prosjektet før sammensetting

	<p>Grunnforhold/situsasjonskart modellert av BIM-koordinator i BetonmastHæhre Romerike. Den lilla boksen/bygningen midt på modellen representerer den eksisterende bygningen som ble revet.</p> <p>Gruppert i gravefaser.</p>
	<p>Plasstøpt betong og peler modellert av prosjektets RIB.</p> <p>Gruppert etter støpetapper.</p>
	<p>Hulldækker, prefabrikkert betong og stål, modellert av prosjektets RIBp.</p> <p>Gruppert etter etasje.</p>

Grupperingen av de forskjellige 3D-objektene, ble utført som beskrevet i tabell 2.1. Dette for å lettere kunne lenke de mot fremdriftsplanen. Det vil si at de enkelte 3D-objektene tilhørende sine respektive BIM-modeller ble lagt sammen i en gruppe ut ifra når de skulle bygges/monteres etter fremdriftsplanen. Dette ble gjort med markeringsverktøyet og grupperingsverktøyet.

Denne oppstarten la grunnlaget for videre arbeid i programvaren.