




Universitetet  
i Stavanger

**DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET**

**MASTEROPPGAVE**

Studieprogram/spesialisering: Konstruksjoner og materialer	Vårsemesteret, 2018 Åpen / <del>Konfidensiell</del>
Forfatter: Thomas Riber	 (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Rolv Arnstein Øvrelid Veileder(e): Rolv Arnstein Øvrelid, Ruben Myreng (Veidekke AS)	
Tittel på masteroppgaven: Hville muligheter og risiker vil påvirke arbeidsproduktiviteten ved å implementere 4D i større utbyggingsprosjekter?  Engelsk tittel: What opportunities and risks will affect labor productivity by implementing 4D in major construction projects?	
Studiepoeng: 30	
Emneord: 4D-planlegging Synchro BIM Fremdriftsplanlegging Involverende planlegging	Sidetall: .....77..... + vedlegg/annet: ...17... Stavanger, ...11.06.2018.. dato/år



## FORORD

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på et 2-årig masterstudie innen Konstruksjoner og materialer ved Universitetet i Stavanger (UiS). Oppgaven har blitt utarbeidet i løpet av vårsemesteret 2018 og tilsvarer 30 studiepoeng.

Oppgaven er utført i samarbeid med Veidekke AS, og har som hensikt å belyse hva som menes med 4D-planlegging og hvilke muligheter Veidekke har ved implementering av denne nye planleggingsmetoden i sin Involverende planleggings metodikk.

Jeg må starte med å takke alle som har stilt til intervju, de har hjulert meg med å se hvordan arbeidet rundt 4D-planlegging har pågått i en tidlig fase og gitt meg mye kunnskap og erfaring om temaet. Jeg ønsker å takke min eksterne veileder fra Veidekke, Ruben Myreng, for veiledning og hjelp til å avtale intervjuer og arbeid med casestudier. En stor takk til veileder ved UiS, Rolv Arnstein Øvrelid for hjelp med problemstilling og strukturering av oppgaven. Jeg må også benytte sjansen til å takke min familie for konstant oppmuntring gjennom studietiden, og spesielt min far, for å ha tatt seg tid til å lese igjennom oppgaven og gitt gode tilbakemeldinger som har økt standarden på oppgaven.

Ikke minst vil jeg takke alle menneskene jeg har møtt opp igjennom studietiden min som har gjort de siste årene til en flott opplevelse.

Stavanger, Juni 2018



Thomas Riber



## SAMMENDRAG

Ny teknologi og nye digitale verktøy har ført til at bruken av 3D-modeller har blitt mer og mer vanlig i byggebransjen. Bruken av digitale verktøy har gitt gode resultater innen besparelse av tid og penger, og dette har medført at det har blitt vanligere å ha denne type planleggingsverktøy som et krav i kontrakter om prosjekter. 4D-planlegging omtales som neste steg i bruken av digitale verktøy, der neste generasjons BIM programvarer brukes for å kombinere prosjektfremdriftsplanen sammen med en 3D-modell for å oppnå en tidlig visuell forståelse av hele prosjektets livssyklus og bidra til å sikre gjennomføringen av hele byggeprosjektet.

Denne masteroppgaven er en case studie av nye Tvedestrand videregående og Vitaminveien 11, og er skrevet i samarbeid med Veidekke AS, for å se hvilke muligheter og utfordringer en implementering av den fremtidige planleggingsmetoden kan føre til. Nye Tvedestrand videregående blir brukt som et deltakende prosjekt, der masteroppgaven vil belyse mulighetene prosjektet har ved bruk av 4D-planlegging gjennom programvaren Synchro og hvordan dette arbeidet gjennomføres. Vitaminveien 11 har fungert som et prøveprosjekt for Veidekke AS i Oslo, og det blir i denne masteroppgaven belyst hvordan den nye planleggingsmetoden har bidratt til en vellykket prosjektgjennomføring.

Masteroppgaven klargjør hvordan nøkkelpersoner med forskjellig erfaring innen planlegging og bruk av digitale verktøy har opplevd implementeringen av ny programvare. Det blir også presentert forventningene til hvordan den fremtidige planleggingsmetoden vil fungere i fremtiden samt hvilke fordeler og utfordringer fremtidens byggebransje kan komme til å møte på.

Masteroppgaven konkluderer med at implementeringen av 4D-planlegging har store muligheter for å effektivisere byggeprosessen i alle faser av prosjektet. Gjennom eget arbeid i programvaren Synchro og vurdering av casestudier og intervjuer, belyser denne oppgaven hvilke muligheter og utfordringer som kan oppstå i implementeringsfasen. Oppgavens konklusjon er at fordelene i det lange løp fører til store muligheter for en forbedret og sikrere prosjektgjennomføring.

# INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD.....	iii
SAMMENDRAG .....	v
INNHALDSFORTEGNELSE.....	vi
1. INTRODUKSJON OG METODE.....	1
1.1. Bakgrunn .....	1
1.2. Omfang og begrensninger .....	3
1.3. Formål og problemstilling .....	4
1.4. Oppgavens oppbygning .....	5
1.5. Metode .....	6
1.5.1. Kvalitativ og kvantitativ metode .....	6
1.5.2. Induktiv og deduktiv .....	6
1.5.3. Validitet og reliabilitet .....	7
1.5.4. Verdinøytralitet og objektivitet .....	7
1.5.5. Kildekritikk .....	8
1.6. Metoder for datasamling:.....	8
1.7. Valgt metode: .....	8
1.7.1. Dokumentgjennomgang .....	9
1.7.2. Intervju .....	9
1.7.3. Casestudie.....	10
2. TEORI.....	11
2.1. Fremdriftsplanlegging .....	11
2.1.1. Involverende planlegging i Veidekke .....	12

2.1.2.	Gantt-diagram.....	16
2.1.3.	Prosjektnedbrytning .....	17
2.1.4.	Nettverksdiagram - kritisk vei.....	17
2.2.	Bygningsinformasjonsmodell - BIM .....	18
2.3.	åpenBIM .....	21
2.4.	Lean konstruksjon og BIM .....	22
2.5.	Virtual Design and Construction .....	22
2.6.	Den fjerde dimensjon.....	23
2.6.1.	4D planlegging .....	24
2.6.2.	4D visualisering vs 4D planlegging .....	24
2.7.	Brukergrensesnitt.....	26
2.8.	Hvordan oppnå en vellykket implementering av BIM og 4D .....	27
2.9.	4D-planleggings verktøy .....	29
2.9.1.	Synchro PRO.....	29
2.9.2.	Synchro Workgroup Project.....	30
2.9.3.	Synchro SITE .....	30
2.9.4.	Opplæring i Synchro .....	31
2.10.	Oppsummering av teori og beskrivelse av problemstilling .....	32
3.	ANALYSE AV RESULTATER - IMPLEMENTERING AV 4D.....	33
3.1.	Hvordan 4D-modell lages og brukes med Synchro.....	33
3.2.	Muligheter .....	36
3.3.	Erfaringer.....	38

3.4.	Forventninger.....	40
3.5.	HMS – Helse, Miljø og Sikkerhet .....	41
3.6.	Fordeler ved bruk av 4D-planlegging.....	41
3.7.	Utfordringer .....	44
3.8.	Fremtiden med 4D-planlegging og Synchro .....	45
3.9.	Casestudie.....	46
3.9.1.	Nye Tvedestrand videregående skole.....	46
3.9.2.	Vitaminveien 11 .....	51
4.	DISKUSJON.....	56
4.1.	4D-modellering.....	56
4.2.	Synchro som et verktøy .....	58
4.3.	Fremtiden innen 4D-planlegging.....	59
4.4.	Implementering av 4D-planlegging i Veidekke .....	61
5.	KONKLUSJON .....	66
6.	VIDERE ARBEID.....	68
7.	REFERANSER.....	69
8.	VEDLEGG.....	74

## TABELL LISTE

Tabell 1 - Karakteristikker for Gantt-diagram mot nettverksdiagram [16].....	17
Tabell 2 - De ulike dimensjoner i BIM .....	19



## FIGURLISTE

Figur 1 Arbeidsproduktivitet i bygg og anleggsrelatert virksomhet [1].....	2
Figur 2 - Fordeling av arbeidstid i et typisk prosjekt [15] .....	12
Figur 3 - Arbeidsdeling i tid [15] .....	14
Figur 4 - Plan- og møtestruktur i Involverende planlegging [15] .....	14
Figur 5 - Kommunikasjon mellom de strategiske og operative planer [15].....	15
Figur 6 - Eksempel på et Gantt-diagram .....	16
Figur 7 - Involverte aktører og interessenter i BIM [17].....	18
Figur 8 - En fullt funksjonell BIM [17].....	20
Figur 9 - Brukergrensesnitt til Synchro PRO .....	29
Figur 10 - Bruk av Synchro SITE i vitaminveien 11 .....	30
Figur 11 - Synchros brukergrensesnitt .....	34
Figur 12 - Bruk av 3D-filter for bedre visualisering .....	36
Figur 13 - Bruk av Synchro i planleggingsmøte .....	37
Figur 14 - Aktiviteter koblet til soner i modell .....	39
Figur 15 - Hvordan Synchro blir benyttet i fremdriftsmøter [30] .....	39
Figur 16 - Opplevde fordeler ved bruk av BIM .....	42
Figur 17 - Lettere formidling av budskap gjennom visualisering [33] .....	43
Figur 18 - Nye Tvedestrand vgs. [31] .....	46
Figur 19 - Oppsett av fremdriftsplan.....	47
Figur 20 - Oppdeling av et større element.....	48
Figur 21 - Visualisering av byggeprosess .....	49
Figur 22 - Vitaminveien 11 .....	51
Figur 23 - Overblikk over arbeidsområder i blokk A.....	52
Figur 24 - Overblikk over kraner og deres arbeidsområder .....	54

## BEGREPSLISTE

<i>Forkortelse</i>	<i>Begrep</i>	<i>Beskrivelse</i>
<i>BIM</i>	Bygnings-Informasjons-Modell	Digitale modeller av et bygg, og arbeidet rundt denne modellen
<i>3D</i>	Tredimensjonal	Lengde, bredde, høyde
<i>4D</i>	Firedimensjonal	3D + tid
<i>5D</i>	Femdimensjonal	4D + kostnader
<i>VDC</i>	Virtual Design and Construction	Arbeidsmetode i prosjekter som støttes av BIM
<i>IP</i>	Involverende planlegging	Arbeidsmetodikk i Veidekke
<i>SP</i>	Synchro PRO	4D-modellerings program
<i>SITE</i>	Synchro SITE	Applikasjon til Synchro for fremvisning og oppfølging av modell på byggeplass
<i>SWP</i>	Synchro Workgroup Project	Database for intern deling av informasjon i Synchro

## 1. INTRODUKSJON OG METODE

### 1.1. Bakgrunn

*«Stortingets byggeprosjekt sprekker med en halv milliard»*

*- Dagens Næringsliv, 15.02.2018*

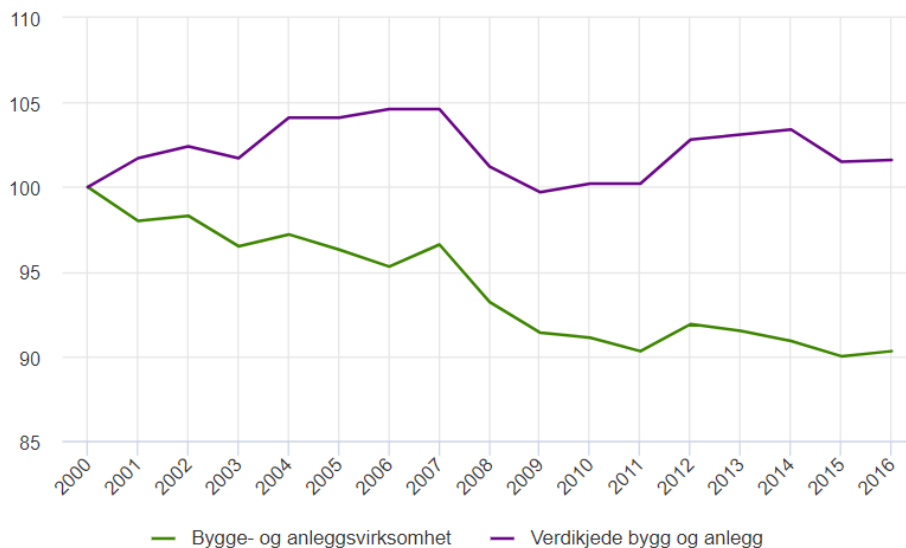
*«Krise for Jordal Amfi: Budsjettsprekk på 141 millioner. Inntil to år  
forsinket. For liten for landslagsspill»*

*- Aftenposten, 24.05.2018*

Dette er noen få eksempler på hvordan større nasjonale byggeprosjekter er blitt omtalt i media de siste 10 årene. Hvis et stort byggeprosjekt blir beskrevet i media, er det ikke ofte i positive vendinger; at entreprenøren har levert på tid og i henhold til budsjett. Byggeprosjekter som blir omtalt i media blir i stor grad omtalt som negativt, med prosjekter som ikke blir levert på tid, over budsjett og kunder/sluttbruker som ikke er fornøyde.

En faktor som påvirker evnen til å levere på budsjett og tid er arbeidsproduktiviteten. I byggebransjen er ikke arbeidsproduktiviteten optimal - og ifølge studier fra Statistisk Sentralbyrå, [1], har den ikke økt stort de siste årene. Figur 1. viser arbeidsproduktivitet i bygg- og anleggsrelatert virksomhet. Bygg- og anleggsvirksomheten har sunket med nesten 10% siden 2000, mens verdikjede bygg og anlegg har holdt seg ganske nøytral.

Bygge- og anleggsvirksomheten viser virksomheter som er direkte involvert i arbeidet på byggeplassene, mens verdikjede bygg og anlegg også omfatter handel med byggevarer, arkitekter, tekniske konsulenter samt utleie av maskiner og arbeidskraft, næringer som leverer varer og tjenester til bygge- og anleggsnæringen [1].



Figur 1 Arbeidsproduktiviteten i bygg og anleggsrelatert virksomhet [1]

Siden tidlig 2000-tallet har bygningsinformasjonsmodellering (BIM) blitt mer akseptert som et verdifullt hjelpemiddel og digitalt verktøy i byggebransjen, men implementeringen av BIM har ikke gått optimalt. Dette kan skyldes flere grunner; dårlig kommunikasjon, utfordrende tverrfaglig samarbeid, men også fordi mange fastholder seg til de tradisjonelle planleggingsmetodene, som kan føre til lite optimal implementering.

Bruken av BIM brukes hovedsakelig for visualisering av bygget og kollisjonskontroll mellom materialelementer, men det er mange andre muligheter å utforske for videre implementering av BIM. I denne masteroppgaven vil det bli sett på mulighetene ved å skape en tydelig forbindelse mellom tradisjonell bruk av BIM (som baserer seg på 3D-modell) og tid, for å skape en firedimensjonal modell (4D) som kan brukes som visualiseringsverktøy for fremdriftsplanen, og som oppdateres i hele prosjektfasen for å sikre en best mulig gjennomføring av prosjektet på budsjett og tid.

Denne masteroppgaven er gjennomført i samarbeid med entreprenør Veidekke AS ([www.veidekke.no](http://www.veidekke.no)), som er i implementeringsfasen av 4D til deres byggeprosjekter i noen deler av landet, mens andre avdelinger i Veidekke er bruken av 4D helt i startfasen. Veidekke AS er en av Skandinavias største entreprenører og eiendomsutviklere, og utfører alle typer bygg- og anleggsprosjekter over hele landet.

## 1.2. Omfang og begrensninger

Masteroppgaven er skrevet våren 2018 og tilsvarer 30 studiepoeng. Oppgaven inneholder en teoretisk del og en empirisk del, der teori er hentet fra litteraturen, mens det også har blitt gjennomført intervjuer og case-studer for den empiriske dokumentasjonen.

Ettersom temaene og problemstillingen i denne oppgaven er lite dokumentert og utforsket var det utfordrende å vite hvordan jeg skulle begrense oppgaven mot bruken av den nye programvaren (Synchro). Ettersom problemstillingen tar for seg implementeringen av 4D-planlegging, ble det satt begrensninger mot å gå for dypt inn i detaljer om bruken av Synchro, men fokusere på en generell forståelse om 4D-planlegging og bruken av programvaren.

Arbeidet og bruken med programvaren Synchro for case-studien for Tvedestrand vgs. ble påbegynt uten noen tidligere erfaringer innen bruken av programvaren. Synchro er et stort og omfattende program med mange funksjoner som det trengs lang tid og erfaring for å mestre. Det er derfor begrenset hvor god kjennskap undertegnede har anskaffet seg etter noen måneder med prøving og feiling. Det er heller ikke noen medarbeidere med denne kunnskapen i Veidekke region sør, derfor har det vært nødvendig å kontakte personer i andre regioner og bedrifter for å få hjelp og støtte med bruken av Synchro.

### 1.3. Formål og problemstilling

Ved å kombinere fremdriftsplan (tid) med en tradisjonell 3D-modell, kan dette gjøre det mulig å få en virtuell oversikt over hele eller deler av et byggeprosjekts faser. Det vil også kunne være muligheter alle involverte interessenter i prosessen til å få en bedre oversikt over prosjektet. Gjennom denne type 4D fremstilling vil prosjektledelsen kunne vise hvordan aktiviteter og objekter henger sammen og påvirker hverandre, noe som vil kunne føre til bedre forståelse og kommunikasjon på byggeplass, samt å sikre prosjektgjennomføring på tid og kost.

Hensikten i denne masteroppgaven er å utforske hvilke muligheter og utfordringer Veidekke har ved full implementering av 4D i deres prosjekter. I tillegg vil det bli utforsket hvordan forventninger medarbeidere bl.a. i Veidekke har til 4D-planlegging og implementering og aktivt bruk av Synchro i fremtiden, og hvordan fremtidens programvare bør utvikles til å oppnå disse forventningene. I denne oppgaven vil det bli sett nærmere på kombinasjonen av fremdriftsplanlegging og BIM ved et spesifikt prosjekt; Tvedestrand vgs. I tillegg vil det bli sett på ett annet prosjekt gjennom case-studier der det er blitt brukt 4D.

Problemstillingen jeg ønsker å belyse er;

**«Hvilke muligheter og risiker vil påvirke arbeidsproduktiviteten ved å implementere 4D i større utbyggingsprosjekter?»**

For å besvare problemstillingen har det blitt valgt å se på flere delproblem for å oppnå en best mulig helhetlig forståelse av 4D. Først og fremst ønskes det å undersøke fordeler og utfordringer ved bruk av 4D under prosjektgjennomføringen ved å gjennomføre litteraturstudie og intervjuer med nøkkelpersoner. Videre skal undertegnede presentere to prosjekter, for å oppnå en forståelse for hvordan arbeidet rundt 4D-planlegging kan gjøres i praksis. Det skal her også undersøkes hva som eventuelt kan forbedres i fremtiden ved dette arbeidet og hvordan dette eventuelt kan oppnås. Avslutningsvis vil de anskaffede resultatene brukes for å presentere et forslag om hvordan den nye planleggingsmetoden kan implementeres i Veidekke, uten å skape utfordringer ved den tradisjonelle planleggingen.

## 1.4. Oppgavens oppbygning

Denne masteroppgaven er blitt delt inn i 6 hovedkapitler, med flere delkapitler under. Oppbyggingen er som følger;

### 1. Introduksjon og metode

I dette kapitlet blir oppgavens bakgrunn, formål og problemstilling presentert.

Deretter blir forskjellige arbeidsmetoder beskrevet, for så å avslutte med hvilke typer metode som er benyttet for å løse problemstillingen på best mulig måte.

### 2. Teori

I kapittel 2 blir alt av teori knyttet til problemstillingen beskrevet. Først blir teori rundt tradisjonell fremdriftsplanlegging presentert, før teorien rundt BIM og 4D blir fremlagt.

### 3. Analyse av resultater – implementering av 4D

I dette kapitlet blir resultater fra intervjuer og casestudier presentert. Fra intervjuer blir det beskrevet hvordan arbeidet rundt modellen foregår og oppleves, hvilke effekter bruken av 4D-planlegging har gitt og kan gi i fremtiden. Fra casestudier blir det først diskutert muligheter ved implementering i deltakende studie, og avslutter med erfaringer fra prøveprosjekt som casestudie.

### 4. Diskusjon

Neste kapittel starter med å diskutere resultatene funnet i denne oppgaven, gjennom intervjuer og egen erfaring. Fordeler, risikoer og forventninger med 4D blir presentert, for så å komme med forslag til om og eventuelt hvordan 4D-planlegging kan bli implementert.

### 5. Konklusjon

Oppgaven avsluttes med en konklusjon av oppgavens problemstilling og videre arbeid til hvordan Veidekke kan gjennomføre en effektiv implementering av 4D-planlegging.

### 6. Videre arbeid

Anbefalinger til videre arbeid mot implementering av 4D-planlegging

## 1.5. Metode

I dette kapittelet blir det gitt en beskrivelse av de forskjellige vitenskapelige metodene som blir brukt i denne masteroppgaven, fordeler og ulemper, og hvorfor akkurat disse metodene har blitt valgt. Grunnen til å inkludere metodebeskrivelse i rapporter er for at leseren skal kunne vurdere grunnlaget for konklusjonene som blir presentert [2]. En metode forklarer hvordan arbeid som har blitt gjort for å løse en gitt problemstilling, og vil påvirke resultater, konklusjoner og videre arbeid.

### 1.5.1. Kvalitativ og kvantitativ metode

Hvilke forskningsmetoder som velges av kvalitativ og kvantitativ avhenger av problemstillingen og formål for forskningen. Kvalitative studier fokuserer på tolkning og menneskelig erfaring, der observasjon, intervju og dokumentanalyse ofte blir brukt [3]. Kvalitative undersøkelser har ofte problemstillinger som er mye løsere formulert enn kvantitative undersøkelser, og utforsker innholdet slik det oppleves for de involverte, ofte kalt mykdata [4].

Den kvantitative forskningsmetoden tar utgangspunkt i kvantifiserbare målinger, der variablene kan uttrykkes i tallverdier, tabeller og grafiske figurer, ofte kalt harddata [5].

### 1.5.2. Induktiv og deduktiv

Dersom en har en noe uklar problemstilling og ikke ønsker å prøve ut teorier gjennom hypotesetesting, velges oftest en induktiv fremgangsmåte. En induktiv studie vil si at vi går fra det konkrete og spesifikke til det generelle [6]. Forskeren trekker en konklusjon ut ifra observasjoner og erfaringer, men det betyr ikke at konklusjonen vil stemme i all fremtid. Et eksempel på induktive studier er; «Ut fra observasjon av et visst antall svarte ravner, trekkes slutningen at alle ravner er svarte» [6].

En deduktiv fremgangsmåte er derimot motsatt hvor holdbarheten av teorier vurderes gjennom hypotesetesting. Forskeren har da en presis problemstilling og lager en hypotese ut ifra denne hypotesen stemmer [4].



### 1.5.3. Validitet og reliabilitet

Oppgavens validitet og pålitelighet forteller om hvor troverdig informasjonen og konklusjonen i oppgaven er.

Reliabilitet handler om hvor pålitelig informasjonen er, der høy reliabilitet betyr at lignende undersøkelser kan bli gjennomført på samme premisser og metoder, og vil føre til samme resultat. Dersom resultatene ikke kan sammenlignes, betyr det at oppgaven har en lav reliabilitet. Ettersom det i denne oppgaven blir gjort kvalitative undersøkelser, er det utfordrende å sikre høy reliabilitet, ettersom intervjuobjekter har forskjellig erfaring og blir påvirket av dette [7].

Validiteten angir om undersøkelsen virkelig måler det den har til hensikt å måle. I denne oppgaven blir det gjort flere intervjuer med medarbeidere med erfaring, og medarbeidere uten erfaring innen 4D. Intervjuobjekter med liten erfaring innen 4D har derfor dårlig validitet, ettersom svarene de gir kun blir synsing. I litteraturstudier er det mulig å presentere informasjon og utelate relevante detaljer, det er derfor lettere å holde høy validitet gjennom kvalitative metoder enn kvantitative [8].

### 1.5.4. Verdinøytralitet og objektivitet

Ved å velge en oppgave med en kvalitativ tilnærming, betyr det at det er vanskelig å oppnå objektive data. Dersom oppgaven blir skrevet i samarbeid med en bedrift, så kan det ikke bli sett bort ifra at det vil være påvirkning fra ansatte i bedriften sitt synspunkt og erfaring.

### 1.5.5. Kildekritikk

Det er viktig å velge kilder med omhu for å samle inn god informasjon som er relevant for problemstillingen, pålitelig og troverdig. BIM og spesielt 4D er relativt nye begreper, så det er derfor viktig å være kritisk til eldre informasjon og alltid bruke flere utgitte artikler.

Kvalitative intervjuer vil gjennomføres ofte med et begrenset antall informanter [9] og kvaliteten på undersøkelsene i stor grad vil bli avhengig av kvaliteten på informantene - slik at utvelgelsen av informanter er viktig. I de første intervjuene fikk jeg informasjon som i stor grad ble repetert i de siste intervjuene - slik at informasjonen jeg fikk fra informantene i de siste intervjuene ble sammenfallende med de andre intervjuer [10].

### 1.6. Metoder for datasamling:

Syv av de vanligste formene for innhenting av informasjon blir presentert av [2] til å være;

- Dokumentgjennomgang
- Eksisterende data
- Intervju med nøkkelperson
- Deltakende observasjon
- Direkte observasjon
- Spørreundersøkelser
- Casestudier

### 1.7. Valgt metode:

For denne oppgaven har jeg valgt å bruke en kvalitativ metode med induktiv tilnærming, dette for å få en god forståelse innenfor et felt som til nå er ganske lite utforsket. Det er videre valgt å kombinere metoder for datasamling for å optimalisere resultatet av oppgaven og belyse fordeler og ulemper med BIM. Triangulering av metoder brukes for å kompensere for svakheter i de benyttede metodene, ved å kombinere ulike data fra forskjellige kilder [2].

### 1.7.1. Dokumentgjennomgang

Dokumentgjennomgang er blitt benyttet for å samle inn informasjon til det teoretiske grunnlaget for denne oppgaven, som har ført til innsikt i oppgavens omfang, muligheter og begrensninger. Dokumentgjennomgang ble brukt til å samle teoretisk informasjon som grunnlag for oppgaven, før det praktiske arbeid ble påbegynt med å opplæring i programvare.

I denne oppgaven har litteraturstudiet gått ut på å benytte ulike søkemotorer på internett og bibliotek for å finne best mulig forskningsartikler, bøker og masteroppgaver som er relevante for problemstillingen. I tillegg har jeg hatt tilgang til interne dokumenter og analyser i Veidekke som har vært nyttig for å besvare problemstillingen – bl.a. en intern undersøkelse omkring bruken av BIM i Veidekke.

### 1.7.2. Intervju

En svært viktig informasjonskilde brukt i denne oppgaven er intervjuer med personer med relevant erfaring, for å kunne avklare deres erfaringer og forventninger til teorien. Ettersom det ikke er så mange med erfaring innen bruken av 4D-planlegging og programvare i Veidekke, ble det tidlig i masteroppgaven tatt kontakt med Kraftværk i Stavanger for å få ytterligere oppfatninger, forventninger og meninger om bruken av programvare og implementeringen av den nye programvaren.

Det ble også intervjuet medarbeidere i Veidekke uten særlig erfaring innen bruken av 4D-planlegging om deres forventninger og tanker rundt implementeringen av den nye planleggingsmetoden. Dette førte til at det ble en del av problemstillingen å skrive om forventninger til programvare og bruken av 4D-modellering i fremtiden.

Intervjuene ble gjennomført på møterom der kun intervjuobjekt og intervjuer var til stede. Taleopptak ble gjort under intervjuene og senere transkribert. Intervjuene varte mellom 20 minutter til 2 timer, ettersom noen av intervjuene også gikk ut på arbeid innen programvaren Synchrono, der det ble sett på forskjellige funksjoner. Det ble lagd to intervjuguider som ble brukt som veileder under intervjuene, én guide for folk med erfaring innen 4D-modeleering og én

guide for folk uten noen erfaring. I Vedlegg ligger intervjuguidene som ble brukt under intervjuene med sammendrag fra intervjuene.

Undertegnede ikke har tidligere erfaring med gjennomføring av intervjuer, noe som kan ha påvirket kvaliteten på resultatene. Alle intervjuene hadde intervjuguide som bakgrunn, men det ble fort merket at flere av spørsmålene førte til samme svar og spørsmålene ble derfor omformulert for at svarene ikke bare skulle bli «ja/nei», eller «som nevnt tidligere». Det ble raskt lagt merke til hvilke spørsmål som ble godt mottatt og hvilke som ikke førte til veldig utfyllende svar, så det ble forsøkt å gjøre intervjuene mer til en samtale, der alle spørsmål ble tatt opp som tema minst én gang.

### 1.7.3. Casestudie

Det blir gjort to casestudier i denne oppgaven, ett deltagende og ett gjennom intervju og observasjon. Under deltagende casestudie på nye Tvedestrand videregående blir casestudiet brukt til å se på mulighetene 4D-planlegging kan ha på et prosjekt på denne størrelsen og kompleksiteten. På Vitaminveien 11 blir derimot casestudiet brukt til å se på hvordan planleggingsprosessen har gått i prosjektet, hvilke positive og negative erfaringer som er oppdaget i byggeprosessen. Noe som kan være utfordrende under en casestudie er å utlede generelle betraktninger på bakgrunn av en studie av én enhet, bare fordi dette ene prosjektet viser positive tegn, betyr det ikke at alle fremtidige prosjekter vil ha samme fordeler [11].

## 2. TEORI

### 2.1. Fremdriftsplanlegging

I prosjektoppfølgning er fremdriftsplanlegging sentralt. Fremdriftsplanlegging handler om å dele prosjektaktiviteter inn i en fornuftig rekkefølge for å hjelpe med prosjektets gjennomførbarhet, sikre leveranser, oversikt og kontroll. Dette innebærer å koble aktiviteter sammen for å skape et prosjektnettverk som viser hvordan de ulike aktivitetene avhenger av hverandre. Under planleggingen blir det evaluert og definert varighet og ressursbehov for de forskjellige aktivitetene, som fører til at det er mulighet for å estimere prosjektvarighet og forskjellige milepældatoer [12].

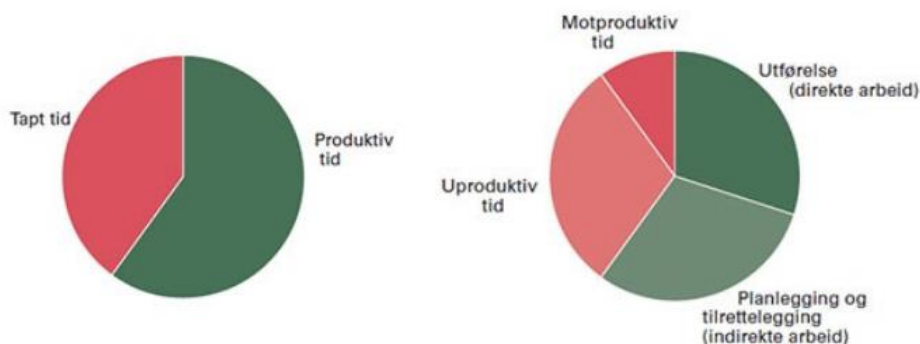
En metode som regnes som grunnlaget for planlegging og styring av byggeprosjekter er Last Planner metoden - en metode som ble introdusert av Glenn Ballard på tidlig 1990-tallet. Det som er sentralt i Last Planner metoden er det å arbeide systematisk med å fjerne potensielle hindringer før de blir reelle hindringer for produksjonen og prosjektgjennomføringen [13]. Metoden er basert på involvering i planleggingen og er etterhvert blitt utviklet i flere varianter til forskjellige bedrifter. Veidekke Entreprenørs innføring av Last Planner metoden blir kalt Involverende planlegging (IP), og bedriften mottok Byggenæringens Innovasjonspris i 2015 [14], der juryen mente at IP-konseptet hadde et stort potensial til å bidra til forbedring i hele byggenæringen gjennom bedring av arbeidsprosesser og samarbeid [13].

### 2.1.1. Involverende planlegging i Veidekke

Involverende planlegging (IP) er en planlegging- og styringsmetodikk for å drive framdriftsplanlegging i prosjektbasert produksjon, der målet er at alle involverte deltar i planleggingen av egne arbeidsoppgaver og ansvarsområde. Hovedmålet med involverende planlegging er å redusere tapt tid og skape flyt i produksjonen, der det er spesielt to forhold som fører til dårlig flyt og tapt tid i produksjonen; [15]

- Aktivitetenes tidsforbruk varierer og kan ikke forutsies nøyaktig
- Forutsetninger for å utføre en aktivitet uhindret er ikke tilstede (en usunn aktivitet)

Effektene av dårlig flyt og tapt tid på arbeidsplassen kan observeres gjennom hva arbeidstiden går til. Veidekke presenterer hvordan et typisk prosjekt ofte blir fordelt i figur 2



Figur 2 - Fordeling av arbeidstid i et typisk prosjekt [15]

Tapt tid kan altså være både uproduktiv tid som venting, nødvendig hvile eller pauser, eller motproduktiv tid som retting av egne eller andres feil. Fokuset til involverende planlegging er altså ikke å jobbe raskere og hardere, men å fjerne den tapte tiden - den usunne tiden.

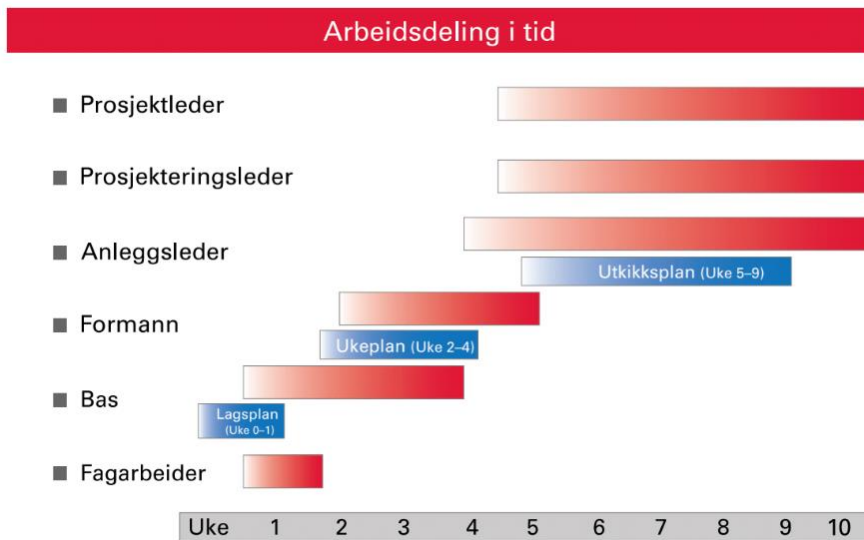
Å skape en sunn aktivitet er en viktig målsetning med Involverende Planlegging, der en aktivitet regnes som sunn når den kan utføres uhindret – det vil si effektivt, med riktig kvalitet og på en måte som ivaretar helse og sikkerhet. Veidekke presenterer syv forutsetninger for en sunn aktivitet til å være [15];

1. **Forutgående aktiviteter** – forutgående aktivitet skal være helt avsluttet og har riktig kvalitet.
2. **Informasjon** – Tegninger og all informasjon er tilgjengelig og ivaretar kvalitet, helse og sikkerhet.
3. **Materialer** – Materialer av riktig kvalitet og mengde er tilgjengelig på arbeidsted til enhver tid.
4. **Mannskap** – Mannskap har riktig kompetanse og kapasitet.
5. **Utstyr** – Sikkerhetsutstyr og utstyr for å utføre aktiviteten er tilgjengelig. Utstyret er effektivt, sikkert og lite belastende.
6. **Plass** – Arbeidsstedet og området rundt er ryddet og klargjort. Sikkerhetstiltak er på plass
7. **Ytre forhold** – Godkjenninger og tillatelser er gitt.

Når alle syv forutsetningene er til stede, er aktiviteten sunn.

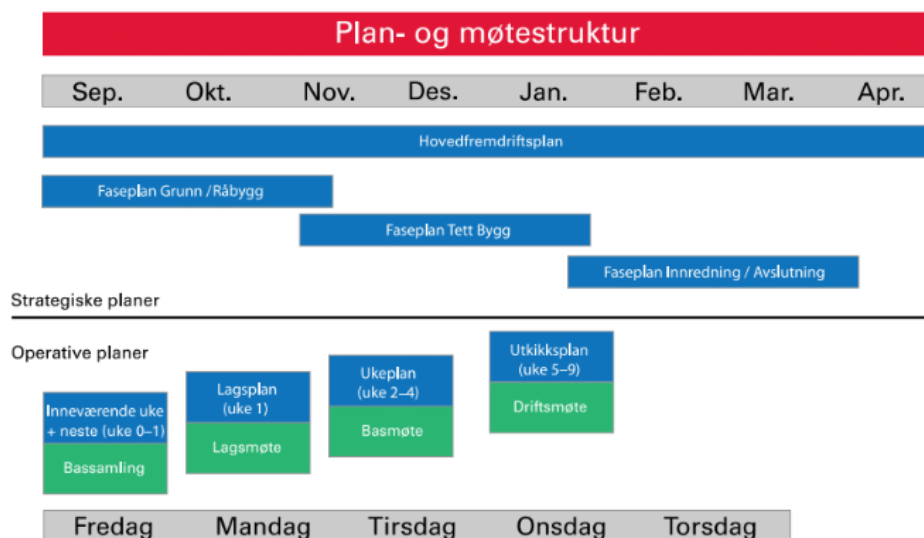
Utgangspunktet til involverende planlegging er at produktiviteten i et arbeidslag kan økes ved å redusere den tapte tiden ute på byggeplassen. Dette kan oppnås gjennom at alle har kjennskap til og innflytelse på egne arbeidsoppgaver, og det er derfor optimalt at planer blir lagd i felleskap av dem som skal gjøre arbeidet.

Arbeidsdeling i tid innebærer at de ulike ledelsesnivåene på byggeplass planlegger med hovedfokus på ulike tidsperioder fremover i tid. Dette betyr ikke at anleggsleder ikke skal være informert om hva som skal skje i morgen, men at hovedfokus skal være noen uker frem i tid. Formannen skal ha hovedfokus på det som skjer om noen uker, mens basens hovedfokus er aktiviteter som skjer i nærmeste fremtid. Fagarbeiderne har fokus på aktiviteter i inneværende uke [15]. Figur 3 viser prinsippene for fokus på tid.



Figur 3 - Arbeidsdeling i tid [15]

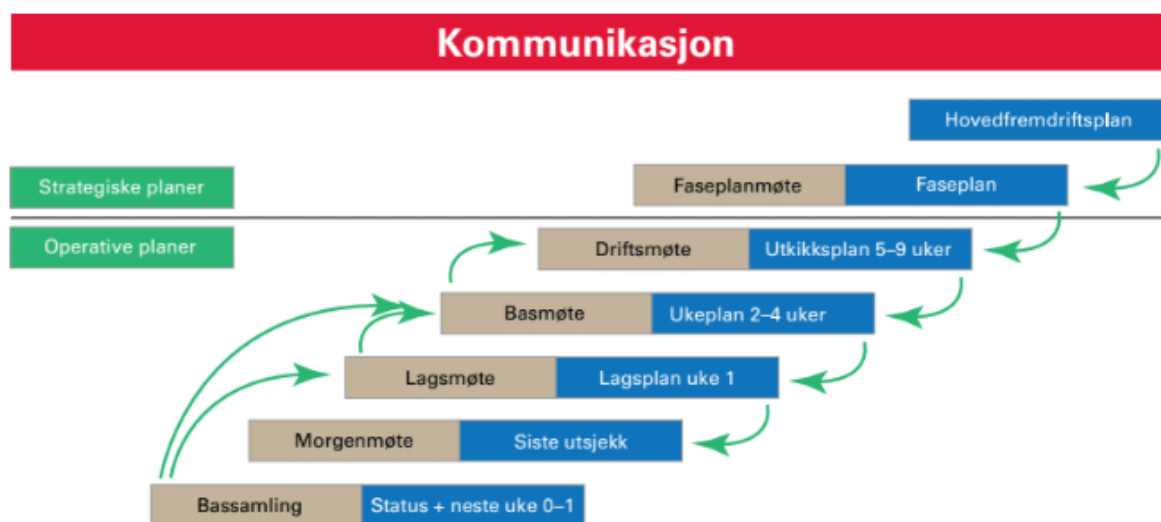
Involverende planlegging består av en kombinasjon av strategiske og operative planer. Den strategiske planleggingen; hoved- og fase fremdriftsplan gjennomføres kun én gang med mindre den operative planleggingen fører til behov for endring i de strategiske planene. Den operative planleggingen som utkikk-, uke- og lagsplan blir fulgt opp ukentlig. Aktivitetene i faseplan overføres løpende til utkikksplanen, som derfra går videre til uke- og lagsplanen [15].



Figur 4 - Plan- og møtestruktur i Involverende planlegging [15]



Involverende planlegging innebærer også endringer i møtestruktur og innhold i møtene. Hensikten til møtestrukturen er for å ivareta de ulike plannivåene som en konsekvens av arbeidsdelingen i tid. Figur 4 viser hvordan de ulike møtene bør utføres mens figur 5 viser til hvordan kommunikasjon skal gå mellom de gitte møtene [15].



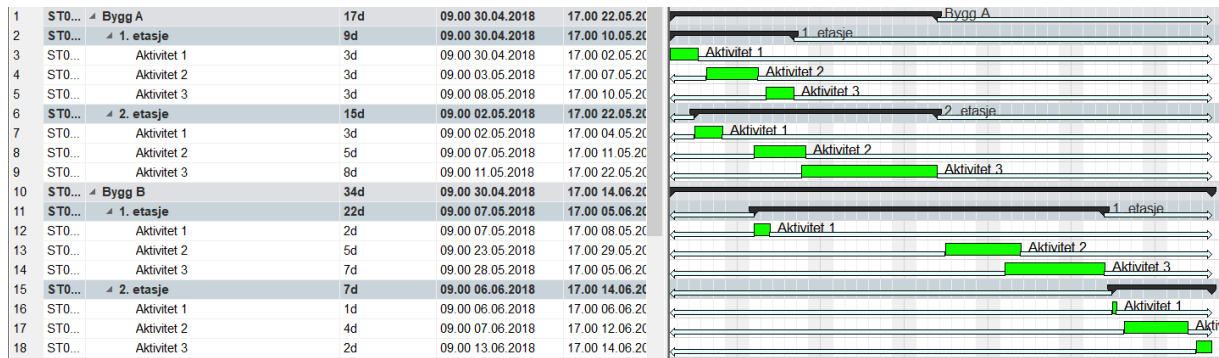
Figur 5 - Kommunikasjon mellom de strategiske og operative planer [15]

Basisen for rullende tidsplanlegging kommer som en konsekvens av variasjon i tidsforbruk innenfor prosjektbasert produksjon. Mangelen på forutsigbarhet medfører at det ikke er mulig å detaljplanlegge og ta beslutninger i et lengre tidsperspektiv enn at det er mulig å tilpasse seg det faktiske tidsforbruket i produksjonen [13].

I tillegg er det stort fokus på å finne årsaken til hindringer og farer gjennom involverende planlegging, slik at de eventuelle hindringene og farene kan bli eliminert og at kun sunne og sikre aktiviteter kommer til utførelse [15].

## 2.1.2. Gantt-diagram

Den vanligste måten å presentere en fremdriftsplan på er gjennom et Gantt-diagram. Utviklet av Henry Gantt i 1917 ble Gantt-diagrammet raskt populært grunnet den enkle grafiske fremstillingen og sitt oversiktlige design, som de aller fleste kan forstå ved første øyekast. [12]



Figur 6 - Eksempel på et Gantt-diagram

Et Gantt-diagram fremstiller aktiviteter og deres varighet etter planlagt tidsplan. Aktiviteter i et byggprosjekt fordeles inn i forskjellige kategorier som f.eks:

- Bygg → Elementtype → Etasje → Hver enkel (unike) aktivitet

Aktiviteter blir deretter koblet sammen etter hvorvidt de hører sammen, slik at noen prosesser kan overlappe underveis. Diagrammet er veldig lett å forstå og bruke for å få et helhetsinntrykk av fremdriften og leveransene til prosjektet, men Gantt-diagrammet viser ikke hvordan en aktivitet kan påvirke fremdriften. Det er ikke mulig å se hvilke aktiviteter som har størst effekt fra endringer [12].

### 2.1.3. Prosjektnedbrytning

Prosjektnedbrytning er en måte å fordele prosjektets arbeidsoppgave og ressurser på i et hierarki, og er et viktig kommunikasjonsverktøy i planleggingsfasen av et prosjekt. Det hjelper alle involverte i prosjektet til å lettere visualisere de ulike aktivitetene og hvilken arbeidsmengde som trengs til prosjektet. Work breakdown Structure (WBS) som det kalles på engelsk, hjelper med å danne en felles forståelse av prosjektet og hva det innebærer for arbeidere, sponsorer og kunder [12].

### 2.1.4. Nettverksdiagram - kritisk vei

Et nettverksdiagram er definert som koblingen mellom aktivitetene i et prosjekt som har lengst varighet (kritisk vei), som blir den reelle varigheten til et prosjekt. Gantt-diagrammet viser hvilke aktiviteter som er avhengige av hverandre - et nettverksdiagram viser også kritisk vei, hvilke forhold de har til hverandre. Hvilke aktiviteter som må prioriteres og hvilke aktiviteter som har mulighet til å bli utsatt uten å endre endelig sluttdato [12].

Tabell 1 viser de ulike karakteristikene for Gantt-diagram mot nettverksdiagram (kritisk vei);

Tabell 1 - Karakteristikker for Gantt-diagram mot nettverksdiagram [16]

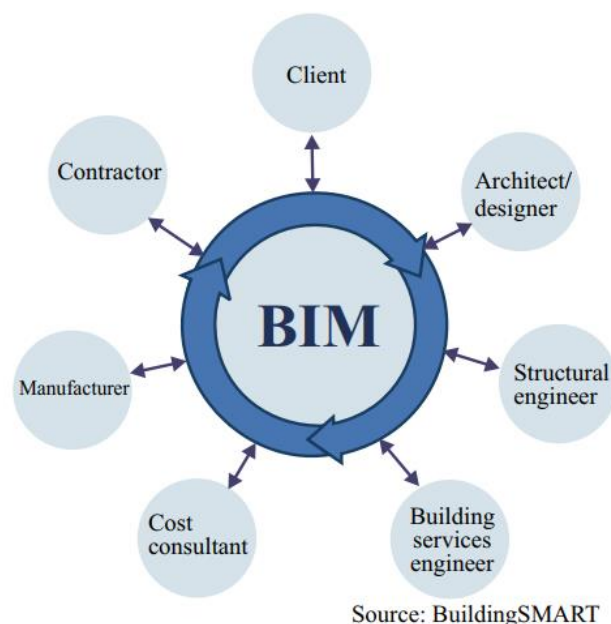
<i>Karakteristikker</i>	<i>Gantt-diagram</i>	<i>Nettverk diagram, kritisk vei</i>
<i>Timing</i>	Viser prosjektets tidslinje godt	Viser ikke tidslinje
<i>Aktivitetsforhold</i>	Viser ikke tydelig aktivitetsforhold	Viser godt hvilke aktivitet som er avhengig av andre og til hvilke grad
<i>Presentasjon</i>	Enkel og oversiktlig å presentere for andre	Kan være vanskeligere å presentere

## 2.2. Bygningsinformasjonsmodell - BIM

Arbeidsproduktiviteten i byggebransjen i Norge har i flere år blitt omtalt som lav [1] – dette har medført en økende grad av fokus på effektivitet og forutsigbarhet på byggeprosjekter for å sikre leveranse på tid og budsjett. En metode som har blitt introdusert i Norge på tidlig 2000-tallet for å sikre arbeidsproduktiviteten er Bygnings-Informasjons-Modell, også kalt BIM.

BIM brukes til å visualisere modeller av bygninger digitalt, der modellene inneholder informasjon om hvert element for bygging og innkjøp. I BIM jobber alle fag sammen for å koble sammen sine deler av byggeprosjektet, som resulterer i at hele prosjektet er implementert i en digital modell - som muliggjør at det blir lettere å koordinere og administrere bygningsinformasjon. Fordeler med BIM kan finnes i planleggingsfasen gjennom tidlig og detaljert visualisering, under utføringsfasen ved bruk av kollisjonstester og muligheten til å lettere reagere på endringer i design og utforming av bygget, men det er mange flere fordeler og muligheter gjennom hele prosjektgjennomføringen [16].

Figur 7 viser hvordan involverte aktører og interessenter er med for å samhandle i BIM for å sikre mest mulig optimal prosjektplanlegging og gjennomføring.



Figur 7 - Involverte aktører og interessenter i BIM [17]

BuildingSMART definerer BIM som følgende [17]; «*The building information model (BIM) is a set of information that is structured in such a way that the data can be shared. A BIM is a digital model of a building in which information about a project is stored. It can be 3D, 4D (integrated time) or even 5D (including cost) – right up to ‘nD’ (a term that covers any other information).*»

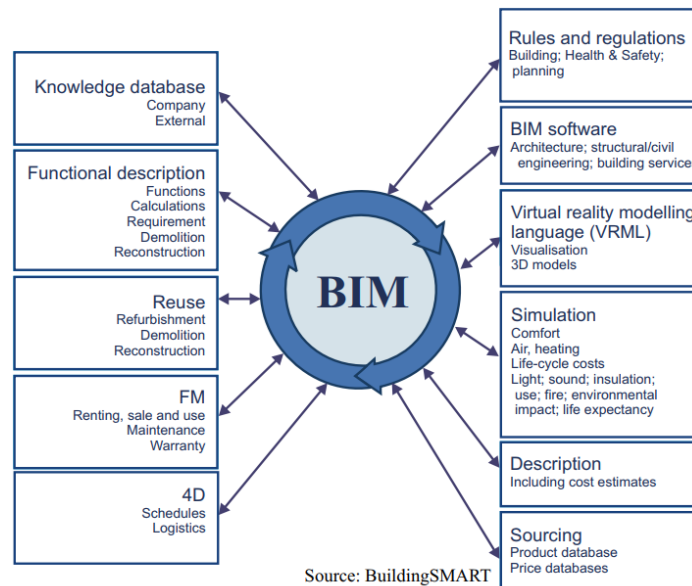
Tabell 2 forklarer de ulike dimensjonene med 3D-6D:

Tabell 2 - De ulike dimensjoner i BIM

Dimensjon	Forklaring
3D	Lengde, bredde, høyde. Objekt i 3 dimensjoner.
4D	3D + tid. Fremdriftsplan blir koblet til 3D-modell
5D	4D + kostnader. I en 5D-modell blir kostnadene kobler til ulike elementer
6D	5D + Forvaltning, Drift og Vedlikehold. FDV kobles til elementer i 5D-modellen

Figur 8 viser en fullt funksjonell BIM. De fleste prosjekter bruker ikke alle funksjonene til BIM, men velger de funksjonene de har mest bruk for i fremtiden ut ifra hvordan prosjekt som skal gjennomføres. Noen av disse funksjonene vil bli gjennomgått i denne rapporten, mens Figur 8 er en oversikt over alle funksjoner innen BIM [17].

BIM kan brukes i alle faser av et byggeprosjekt, om det er for anbud i startfasen av prosjektet, i planleggingsprosessen eller ved å sjekke at prosjektet overholder alle regelverk gjennom hele prosjektets livssyklus. BIM blir aktivt brukt gjennom alle de forskjellige designfasene av prosjektet, der alle forskjellige fag legger inn deres del av modellen for å sammen skape byggets helhet i BIM.



Figur 8 - En fullt funksjonell BIM [17]

Kollisjonskontroll kan bli gjennomført underveis for å identifisere konflikter mellom de forskjellige fagene, og en alternativ løsning kan derfor bli funnet i en tidlig fase av prosjektet som vil kunne føre til store kostnadsbesparelser. 3D visualiseringen av bygget vil kunne være en av de mest brukte funksjonene, der modellen aktivt kan bli brukt i møter med klienter eller underentreprenører for at alle skal ha god kontroll over hva som faktisk blir bygget og hva status på prosjektleveransen er. I tillegg er det også muligheter for å forbedre kostnadsdata gjennom bruken av BIM, og hele livssyklusens kostnader kan bli presentert. I nyere tid har det også kommet inn muligheten til å legge til tid som en dimensjon i BIM, for å hjelpe med planlegging og byggeledelse [17].

Prosess forbedring i de fleste prosjektfaser vil kunne redusere mange problemer som var vanlig i tradisjonell praksis. Smart bruk av BIM derimot, vil i tillegg også kunne føre til betydelige endringer i forholdet mellom prosjektets interessenter. Bruken av BIM fører til at alle blir mer avhengige av hverandre ved bruk av en delt bygningsmodell, noe som kan føre til større krav på å ha en komplett BIM tidlig i prosessen, for at denne skal kunne brukes til å finne feil og problemer. Denne overgangen vil trenge tid og opplæring av medarbeidere for å optimalisere, som det er med all ny teknologi og forbedring av arbeidsprosesser. [16]

### 2.3. åpenBIM

For å prosjektere, bygge og drifte et bygg skal mange ulike fagmiljøer jobbe sammen. BuildingSMART har derfor klart å samle og utveksle all informasjon på ett åpent format slik at det blir lettere for alle deltakende aktører å jobbe effektivt sammen, med mindre risiko for feil eller misforståelser [18].

åpenBIM består av tre standarder;

- Datamodell (IFC)
- Dataordbok (bsDD)
- Prosess (IDM)

**buildingSMART Datamodell** er et filformat, kalt IFC som gjør at alle aktørene i byggeprosessen kan utveksle komplekse modeller med forskjellig informasjon med hverandre, uavhengig av programvaren som brukes [19].

**buildingSMART Dataordbok** er en ordbok som gir grunnlag for en felles terminologi i bruken av åpenBIM slik at alle modeller blir tolket likt av forskjellige aktører og forhandlere. Standarden automatiserer og effektiviserer prosesser som produktsøk, produktspesifikasjon og varehandel [20].

**buildingSMART Prosess** er en standardisert prosess og leveranse spesifisering som beskriver aktører, prosedyrer og krav til leveransene i prosjektet. Disse beskrivelsene er viktig for at alle fag knyttet til prosjektet skal kunne jobbe effektivt sammen [21].

## 2.4. Lean konstruksjon og BIM

Lean er en metodikk for å forbedre prosesser i et prosjekts livssyklus, slik at prosjektet møter klientens behov gjennom bruk av færrest mulig ressurser og tid, og handler derfor om å forstå verdien av et prosjekt fra kundens perspektiv [22]. Gjennom forståelsen vil det bli levert mer verdi i prosessen gjennom eliminasjon av unødvendige prosesser fra eldre tradisjonelle fremgangsmåter som er «måten det alltid har blitt gjort på» [22].

Lean konstruksjon og BIM utfyller hverandre på mange forskjellige måter. En lean fremgangsmåte vil redusere svinn gjennom eliminering av unødvendige prosesser som ikke gir direkte fortjeneste til klienten. For å oppnå mest mulig fortjeneste kan en BIM modell brukes til kollisjonstesting for å eliminere feil og omarbeiding tidlig i prosessen. Lean fokuserer på å redusere varigheten for hver enkelt prosess, der individuelle produkter ofte kan endres etter klientens ønske. BIM teknologi spiller da en viktig rolle for å redusere varigheten på prosessene gjennom å skape god kommunikasjon med klienten gjennom visualisering og kostnad estimering [16].

Færre og kortere slakk mellom aktiviteter på grunn av bedre samarbeid og kommunikasjon mellom underleverandører er også et resultat av en lean tankegang ved bruk av BIM i prosjektet [13]. 3D- og 4D-modeller blir aktivt brukt for å lettere kunne se oppbygning og rekkefølge på byggeprosessen noe som fører lettere til planlegging i de tidlige faser av livssyklusen. Dermed blir BIM et uunnværlig verktøy for konstruksjon, ikke bare på grunn av sine direkte fordeler, men på grunn av at det muliggjør en lean fremgangsmåte [16].

## 2.5. Virtual Design and Construction

VDC er bruken av integrerte tverrfaglige modeller til bruk i design, prosjektering og produksjon i byggeprosjekter, og kan sees på som et konsept for bruken av metoder og verktøy som kan brukes for å oppnå et prosjekts mål. Modellene er bygd opp slik at alle involverte i prosjektet har tilgang til informasjonen. Dersom det blir gjort en endring i modellen, vil de integrerte modellene kunne synliggjøre og endre de avhengige aspektene av denne endringen. Arkitekter, prosjekterende, rådgivende ingeniører, entreprenører og eier skal alle ha tilgang til modellene.



## 2.6. Den fjerde dimensjon

BIM har lenge vært en populær måte i prosjektplanlegging når det er ønsket å visualisere et bygg, men modellen har ikke synliggjort noe om prosjektets tidsplan i selve byggeprosessen. 4D-modellering er kobling mellom 3D modell opp mot en fjerde dimensjon, prosjektets tid. Dette gir muligheter for å visualisere hvordan bygningen og byggeplassen vil se ut til et hvert tidspunkt av planen ved å simulere byggeprosessen [16].

Denne visualiserende effekten kan gi muligheter for å lettere planlegge oppsett på byggeplassen tidligst mulig i prosjektet. Hvem jobber hvor til enhver tid, hvor skal kranen være plassert, i hvilke områder er det mulighet for å levere og lagre elementer under hele byggeperioden, i hvilke områder kan aktiviteter bli startet før planlagt tid dersom nødvendig. I tillegg til alle de mulige fordelene som kommer gjennom den visuelle fremvisninger av byggeperioden, er sannsynligvis den største fordel hvordan kommunikasjon mellom alle involverte aktører kan forbedre seg drastisk gjennom bedre forståelse av prosjektet ettersom et bilde(modell) sier mer enn tusen ord.

Den kontinuerlige utviklingen av BIM har fjernet mesteparten av utfordringene for å implementere en god 4D-plan, men det har lenge vært mangel på gode programvarer for full implementering [23]. De siste årene har programvarer som Synchro blitt utviklet, noe som har ført til raskere og enklere 4D-modellering, men hvor stor effekt vil den firedimensjonale visualiseringen egentlig ha på et prosjekt? [24]

### 2.6.1. 4D planlegging

Planlegging av et byggeprosjekt handler om å fordele aktiviteter best mulig over tid og rom, der ressurser samt tids- og areal begrensninger må bli tatt hensyn til. Tradisjonelt sett blir aktiviteter koblet sammen gjennom et Gantt-diagram for å se hvilke aktiviteter som blir gjort når og hvilke andre aktiviteter de avhenger av. Disse metodene vurderer derimot ikke den fysiske plassen disse aktivitetene tar, og det er ikke alltid like lett å se hvordan aktivitetene påvirker byggeplassen og samhandler med andre aktører.

Det kan være en stor risiko at planlegging kan bli en mer krevende manuell jobb enn nødvendig, for at alle prosjektets interessenter skal forstå fremdriftsplanen og dens effekt på byggeplassens logistikk. Det er derfor vanlig at det kun er et fåtall aktører som har god nok kontroll over prosjektet til å kunne avgjøre om planen er gjennomførbar eller ikke, noe som kan føre til at prosjektgjennomføringen ikke blir optimal [25].

For å løse noen av disse manglene i planleggingsprosessen har 4D-teknologien utviklet seg mye de siste årene. Mange verktøy har blitt utviklet for å enklere og mer effektivt kunne danne en 4D-modell gjennom manuelle koblinger mellom 3D-modell og aktiviteter i en fremdriftsplan. Nyere BIM-verktøy gir planleggeren muligheten til å lage, evaluere og endre 4D-modeller mer effektivt, som resulterer i en implementering av mer pålitelig og effektiv tidsplanlegging [16].

4D programmer i dag bruker prinsippet med at du importerer en ferdig fremdriftsplan og tilhørende 3Dmodell. Gjennom dette konseptet blir aktiviteter manuelt linket til objektene i modellen, noe som kan være veldig tidskrevende. Disse handlingene blir sjelden gjort av prosjektplanleggeren grunnet liten kunnskap om 4D programvarer. Sammenkoblingen blir derfor gjort av en separat person, der det kan oppstå problemer med at feil i 4D modellen ikke blir lagt merke til før fremdriftsplanen er komplett [25].

### 2.6.2. 4D visualisering vs 4D planlegging

I startfasen av et prosjekt kan 4D brukes til å demonstrere den planlagte fremgangen i prosjektet. Denne 4D visualiseringen kan føre til en bedre forståelse av prosjektet hos kunder og føre til at bedriften vinner anbudet. Når prosjektet derimot er vunnet kan 4D modell brukes til gjennomgang av fremgangsmåten, identifisere sekvenser og aktiviteter som mangler eller er

feil og kjøre gjennom scenarioer for å kollisjonsteste i tid og rom på byggeplass, og ikke bare kollisjonstester mellom enkeltelementer, for å optimalisere planen. Senere i prosjektet kan 4D bli brukt i møter for å gjennomgå progresjon og vise til planlagt opp mot faktisk fremdrift og ressursbruk i prosjektet [26].

Brad Hardin presenterer virkningene ved bruk av 4D-planlegging til å være [23];

- **Visualisering** – En stor fordel ved bruk av 4D planlegging er visualiseringen av byggeprosessen som hjelper alle interessenter med å forstå prosjektet, selv uten særlig teknisk kunnskap. 4D-visualiseringen gir en bedre forståelse for prosjektets omfang og kompleksitet, og hvordan hver aktivitet påvirker byggeprosessen.
- **Kommunikasjon** – God kommunikasjon er en viktig faktor for at et prosjekt skal bli vellykket. Bruken av en 4D-modell gjør det lettere for forskjellige aktører å forstå hverandre, ettersom bygget blir lettere å forstå.
- **Planlegging tidlig i prosjektet** – Bruken av 4D-modellering tidlig i prosjektet kan gjøre stor forskjell for komplekse byggeprosjekter, der flere aktører skal holde på samtidig. Ved å visualisere hele byggeplassen og fremdriften vil det bli mye lettere å planlegge logistikken på byggeplass.
- **Samarbeid, planlegging og byggbarhet** – Den største utbetalingen i kostnader og tidsreduksjon kommer fra forbedret samarbeid mellom aktører, kollisjonskontroll av både materialer og fremdrift og inkludering av byggeplasslogistikk og planlegging.
- **Uenigheter og tvister** – Ved uenigheter kan en visuell demonstrasjon av 4D-modellen bidra til bedre forståelse av problemet og da lettere finne en løsning ved hjelp av de visuelle virkemidlene en 4D-modell har.

## 2.7. Brukergrensesnitt

Eastman et al. presenterer ni punkter som må tas hensyn til for å oppnå et godt brukergrensesnitt for et 4D-modelleringsprogram [16];

1. **BIM importerings muligheter** – Hvilke formater gir programmet mulighet for å importere, og hvor mye objekt informasjon kommer med importeringen. Geometri, navn, unik identifikasjon er informasjon som burde følge med for å gi muligheten for å se egenskaper og mulighet for å filtrere elementene.
2. **Fremdriftsplan importerings muligheter** – Hvilke planformater kan importeres og hvordan blir planen presentert i programmet.
3. **Sammenkobling og oppdatering av modell** – Sammenkoblingen av flere filer til én modell og oppdatering av disse filene må være mulig dersom forskjellige aktører lager hver sin modell, i muligens forskjellige BIM verktøy.
4. **Reorganisering** – Er det mulighet for å reorganisere informasjon etter det har blitt importert? Programmer som muliggjør reorganisasjon av modellkomponenter vil forbedre modelleringsprosessen.
5. **Midlertidige komponenter** – Muligheten for å legge inn midlertidige komponenter som stillas, kraner og oppbevaringsområder i programmet vil føre til en raskere modelleringsprosess.
6. **Animasjon** – Kan du simulere detaljert hvordan en kran opererer, eller hvordan anskaffelse av elementer foregår? Denne visualiseringen kan føre til en bedre realistisk presentasjon av prosjektet.
7. **Analyse** – Gir programmet mulighet for å analysere for eksempel tid-rom konflikter, for å identifisere handlinger som krasjer?
8. **Uthenting av informasjon** – Hvilke muligheter gir programmet for uthenting av midlertidig informasjon gjennom rapporter eller animasjoner med definerte synspunkter og tidsperioder?
9. **Automatisk linking** – Hvor enkelt er det for automatisk linking mellom bygningselementer og aktiviteter?

## 2.8. Hvordan oppnå en vellykket implementering av BIM og 4D

For at implementeringsfasen av 4D-planlegging skal bli best mulig har Brad Hardin presentert 10 steg for å oppnå en vellykket implementering av BIM i boken «BIM and Construction Management» [23];

1. **Velg en BIM-koordinator** – Det må velges hvert fall én person som går i front og har ansvar for å pådrive den videre implementeringen. Denne personen bør ha ny og gammel kunnskap innen teknologi, men viktigst, et åpent sinn og evnen til å løse nye problemer.
2. **Lag en oversikt over kost og tid dere er villige å gi for å implementere ny programvare** – Det er viktig å tidlig skaffe seg et budsjett over hvor mye bedriften er villig til å investere i den nye implementeringen. Dette gjør det lettere å planlegge milepæler i overgangen, for å vise hva som trengs av tid og penger til å begynne med, og videre hva som trengs senere i integreringsplanen.
3. **Lag en implementeringsplan** – En implementeringsplan bør bestå av anskaffelse av programvare, øvings plan, en forklaring på firmaets overgang inn i ny teknologi, og til slutt forklare hvordan strategi som skal bli rullet ut i bedriften. Denne planen tar tid å sette opp, så det er derfor viktig for store organisasjoner å starte i det små ved hvert enkelt kontor.
4. **Start i det små** – Implementeringen burde starte med BIM-koordinatoren og noen få dedikerte personer. Ideen er at personene skal starte med å bruke den nye programvaren så fort som mulig etter de er blitt opplært i programmet, for at de ikke skal glemme hva de har lært. Start med det grunnleggende, for så å øke nivået etter hvert som erfaringen kommer.
5. **Forhold BIM-koordinator opplært** – BIM-koordinatoren trengs å være opplært i programvaren som blir brukt til enhver tid – ikke bare for å bli dyktig i bruken, men for å forstå nytten og mulighetene av programvaren, for å kunne lettere kunne hjelpe medarbeidere på en kompetent måte.
6. **Støtt BIM-koordinator ved å starte en avdeling** – Ikke ansett en BIM-koordinator og forvent at de effektivt kan ha kontroll over flere prosjekter. Det er derfor viktig utover

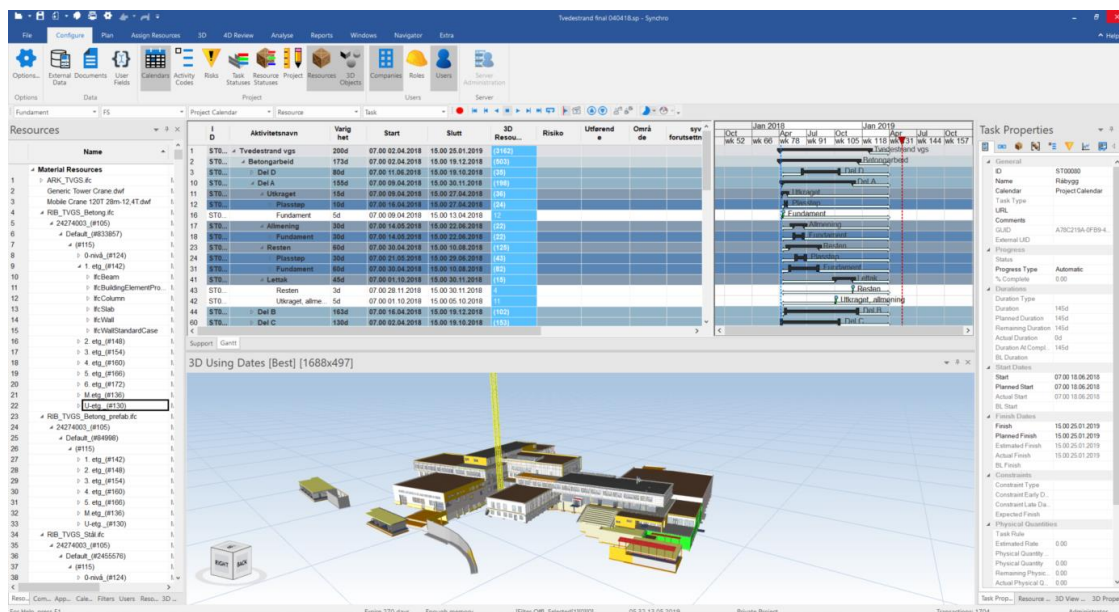
i implementeringsperioden å anskaffe flere arbeidere med hovedfokus på programvaren.

7. **Hold til planen, men vær fleksibel** – Muligens den vanskeligste ved implementering av BIM teknologi er å holde seg til planen. Gjennom å bistå BIM-koordinator, være oppdatert på programvare og sørge for at medarbeidere holder seg oppdatert på programvare relevant til deres arbeidsoppgaver må til for å følge planen jevnt og trutt. Denne prosessen kommer til å ta lang tid, og det er derfor viktig å også være fleksibel på at det kommer til å komme nyere programvare og teknologi som fører til nye utfordringer. Planen må derfor tilpasse seg den nye programvaren og teknologien tilgjengelig etter hvert som milepæler blir nådd.
8. **Skap ressurser** – Etter hvert som implementeringen begynner å spre seg gjennom bedriften, kan det være smart å lage noen brukeranvisninger for å kunne spre bedre kunnskap til andre aktører som skal være del av prosjektene. Dette kan føre til en lean fremgang i prosjektet med mulighet for å standardisere hvordan visse aktiviteter oppnås.
9. **Analyser implementeringen** – Undersøk hvorvidt bruken av BIM forbedrer eller ikke forbedrer prosessen. Mål hvilke komponenter av BIM som gir mest verdi til prosjektet og bedriften. Ut ifra disse målingene blir det mulig å se hvilke programvarer som fungerer og hvor det er plass for forbedring.
10. **Vær klar over nye programvare forslag og bransje trender** – Ved å være oppmerksom på markedet og nye utviklinger, kan BIM-koordinatoren lettere komme med beslutninger og fremtidig implementering.

## 2.9. 4D-planleggings verktøy

### 2.9.1. Synchro PRO

Synchro PRO er et 4D verktøy som brukes til produksjonsplanlegging, fremdriftsplanlegging, ressursforvaltning og 4D visualisering. Synchro gir mulighet til å koble elementer opp mot fremdriftsplan, for deretter å endre planen i programmet. Ressurs- og tidsfordeling kan overvåkes, risiko kan evalueres før byggestart og gjennomføring av kostnadsanalyse er alt mulig i ett program. Dette fører til at det blir lettere for alle involverte i prosjektet til å lettere kommunisere om hvem, hva, hvor og når arbeid skal utføres gjennom hele byggeprosessen.



Figur 9 - Brukergrensesnitt til Synchro PRO

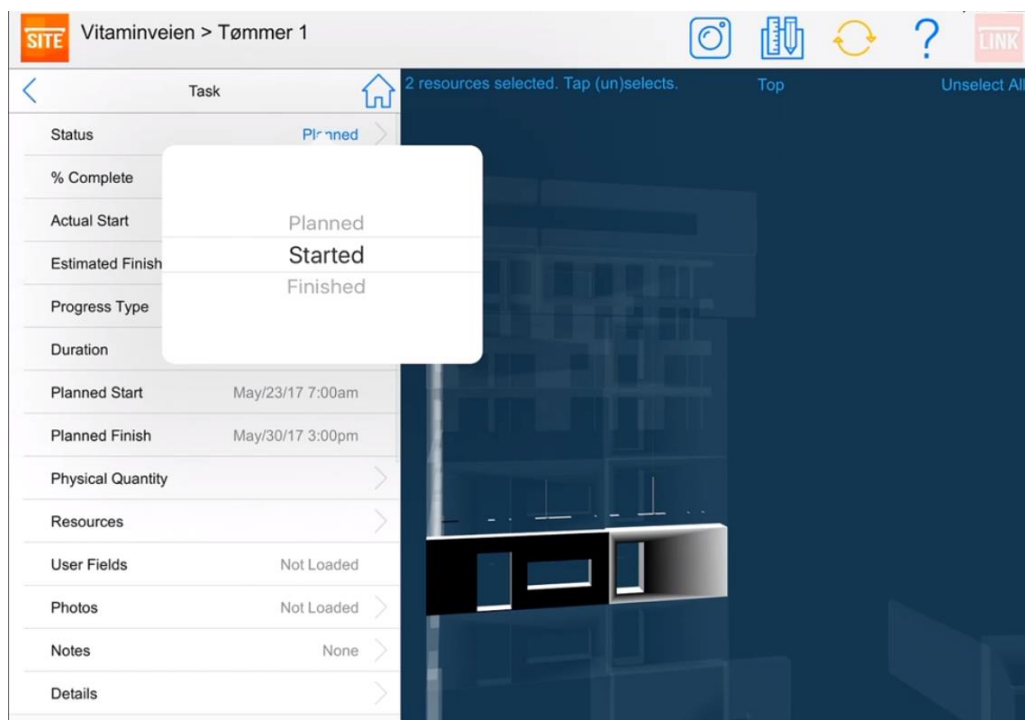
Synchro PRO fungerer som et alt-i-ett program, der det fungerer som et 3D-modell lesingsprogram og et planleggingsverktøy sammen. For å starte arbeidet med å sette opp en 4D-modell, trengs en 3D modell og en fremdriftsplan. Disse kan begge importeres til Synchro, der .ifc formatet brukes for BIM modellen. Fremdriftsplanen er det mulighet for å lage selv i Synchro PRO eller i gratisprogrammet Synchro Scheduler, men det er også mulig å importere fra for eksempel Microsoft Project der, planen må lagres i et .xml format for at Synchro skal kunne lese filen.

### 2.9.2. Synchro Workgroup Project

Synchro Workgroup Project (SWP) fungerer som en database lagd for å koordinere prosjektdata innad en arbeidsgruppe. Programmet gir mulighet for flere brukere til å arbeide på samme fil samtidig og med forskjellige programmer som f.eks. Synchro PRO og Synchro SITE. Ved å koble alt av data på en felles server fører til at alle brukere har tilgang til de siste oppdaterte filene, mens prosessene gjennomføres i Synchro PRO.

### 2.9.3. Synchro SITE

Synchro SITE er en gratis programvare som brukes i fremdrifts oppfølging ute på byggeplass gjennom bruk av nettbrett. Synchro PRO modellen blir lastet inn i programmet, og målet er at fagarbeidere ute på byggeplassen kan ha denne modellen med seg når de skal melde fremdrift og sette status på aktiviteter. Det er da mulighet for å velge en aktivitet, for så å oppdatere om arbeidet er planlagt, påbegynt eller ferdig. Det er også mulig å endre ressurs status til under arbeid eller avbrutt dersom det har oppstått noen problemer. Muligheten for å legge ved bilde og en tekst gjør det enkelt å forklare eventuelt hva som har gått galt, eller hva som har blitt gjort annerledes.



Figur 10 - Bruk av Synchro SITE i vitaminveien 11



Disse statusene blir automatisk synkronisert gjennom SWP opp mot Synchro PRO, slik at alle som har tilgang kan se hva virkelig status er på aktiviteter og ressurser. Modellen kan deretter bli brukt i oppfølgingsmøter for å gå igjennom aktiviteter som ikke har blitt gjennomført skikkelig og finne en løsning på problemet. Det skal da bli mulig å sammenligne 3D-modell med planlagt fremdrift opp mot faktisk fremdrift, for å enkelt se hvilke aktiviteter som følger planen og hvilke aktiviteter som ligger bak skjema.

#### 2.9.4. Opplæring i Synchro

I starten av masteroppgaven hadde undertegnede ingen erfaring innen arbeid med Synchro programvare. Til opplæring i programvaren Synchro ble derfor bøkene «*Grethes Hus for Synchro: Bok 1* [27] & *Bok 2* [28]» brukt. Den første boken tar for seg fremdriftsplanleggingsdelen av programvaren, der det blir lært om hvordan sette opp en fremdriftsplan, koble oppgavene til hverandre og deretter koble bedrift, kostnader og bemanning opp til de forskjellige oppgavene.

I den andre boken handler alt om å koble fremdriftsplanen opp imot en 3D-modell for å skape den firedimensjonale visualiseringen av byggeprosessen.

Samtaler med intervjuobjekter som har erfaring med Synchro, har også vært til stor hjelp for arbeid med Synchro i case studiet, der forskjellige funksjoner har blitt diskutert og prøvd ut. Disse samtalene har også vært til stor hjelp med hvordan fremdriftsplanen kan bygges opp for å få best mulig oversikt over bygget og elementene i modellen.

Sist men ikke minst har Synchro Academy og Synchro's forum [29] blitt brukt ved feilmeldinger for å finne løsninger på problemer. Her blir det lagt ut forskjellige problemer og muligheter fra andres erfaring, og blir mye mer effektiv hjelp enn å bruke timer i programmet.

## 2.10. Oppsummering av teori og beskrivelse av problemstilling

**«Hvilke muligheter og risiker vil påvirke arbeidsproduktiviteten ved å implementere 4D i større utbyggingsprosjekter?»**

For å anskaffe et grunnlag for å løse problemstillingen, har det i teorien blitt presentert relevant informasjon som har blitt tatt i betraktning før arbeidet med intervju, casestudier og programvare ble påbegynt;

- Involverende planlegging
- Bygningsinformasjonsmodellering
- åpenBIM
- Den fjerde dimensjon
- Synchro

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Veidekke og det har derfor blitt satt fokus på Involverende Planlegging, som er Veidekkes metodikk for tradisjonell fremdriftsplanlegging. Videre blir fordeler ved Bygnings-Informasjons-Modellering beskrevet, etterfulgt av åpenBIM som blir beskrevet som et åpent format for å enkelt utveksle tverrfaglig informasjon mellom alle interessenter. Deretter presenteres teorien om den fjerde dimensjon. Det har vært denne informasjonen som ble tatt i betraktning for videre intervju med nøkkelpersoner og deretter diskutert i diskusjonskapittelet. Teorien rundt brukergrensesnitt og hvordan oppnå en vellykket implementeringsfase av BIM blir også beskrevet, og vil bli tatt opp i senere diskusjon. Avslutningsvis blir programvaren Synchro presentert, med sine underprogrammer Synchro SITE og Synchro Workgroup Project. Dette er programvaren som satses på i Veidekke til gjennomføring av 4D-planlegging, og har derfor blitt brukt til å anskaffe en forståelse for hvordan arbeidet rundt 4D kan gjennomføres i praksis.

### 3. ANALYSE AV RESULTATER - IMPLEMENTERING AV 4D

Det ble i denne oppgaven gjort intervjuer med personer med forskjellig bakgrunn og erfaring med BIM. Alt fra erfarne BIM-koordinatorer til driftsledere som bare har hørt om ideen om 4D ble intervjuet for å best mulig få et overblikk over mulighetene 4D-planlegging har, men også hvilke tanker og forventninger det er rundt bruken av BIM i fremtiden. Dette kapittelet handler om deres erfaringer med programvaren Synchrono, hvordan de har gått frem under implementeringen og til slutt litt tanker om 4D-planlegging fremover. Sitater og informasjon er hentet fra intervjuobjektene og viser både forventninger, skepsis og fordeler ved implementering av Synchrono. Sammendrag fra intervjuene kan bli funnet i vedlegg.

De siste årene har 4D-planlegging blitt mer og mer populært i byggebransjen, der det oftere oppleves et krav om en god BIM-modell med 4D-planlegging og oppfølging, for å ha en god oversikt og kontroll gjennom prosjektet. Veidekke satser nå på en papirfri fremtid i prosjektene sine, der det istedenfor bruk av papirutskrift for alle detaljtegninger, skal alt av modell og detaljtegninger ligge på data og nettbrett (BIM-kiosker) og være tilgjengelig på byggeplassen. Det forventes da at problemer med utdaterte tegninger blir et mindre problem på byggeplass, ettersom nye oppdateringer automatisk kommer inn i en intern database under programmet Synchrono Workgroup Project. På grunn av at alt av tegninger og modeller er oppdatert til enhver tid, forventes det å spare både penger og tid ettersom omarbeid minker drastisk. En full implementering av Synchrono kan gi gode muligheter for en papirfri fremtid, blant annet ved å bruke programmer som Synchrono SITE, som kan installeres på nettbrett og fungere som en erstatte for alt av papirtegninger og rapporter.

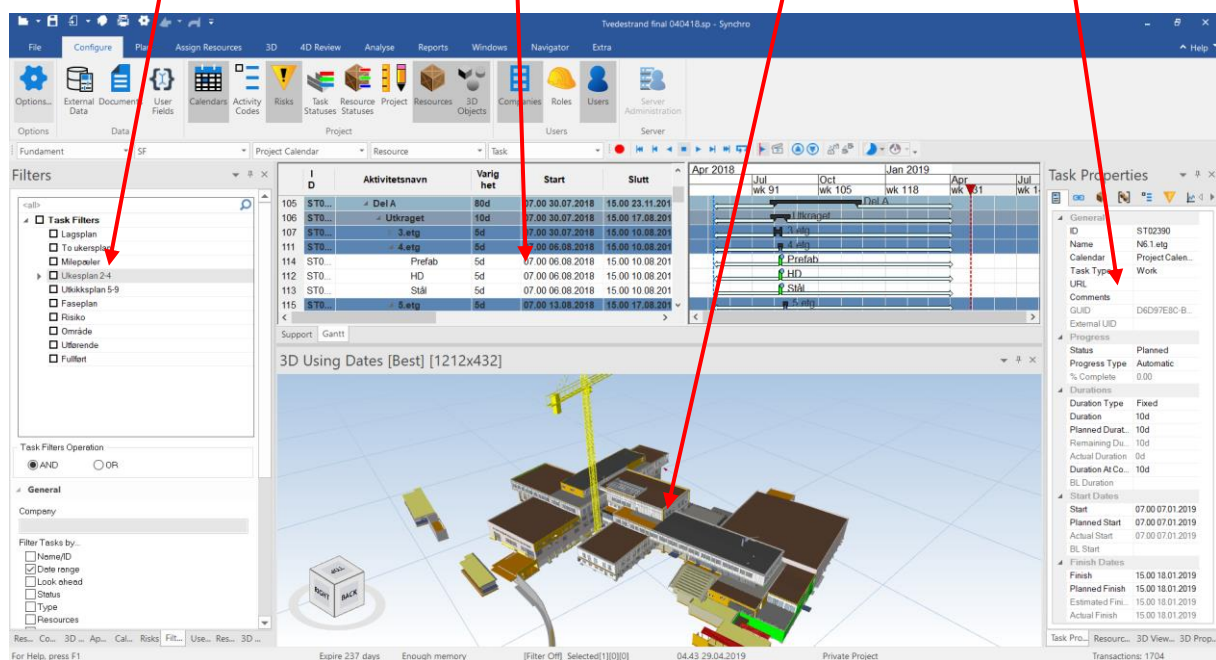
#### 3.1. Hvordan 4D-modell lages og brukes med Synchrono

*“En god 4D-modell er en modell som finner feil”*

Når arbeidet med å lage en 4D-modell starter må først all informasjon importeres til programvaren. I Synchrono går importering av filer raskt og uten problemer, der alt tilhørende fremdriftsplan blir satt opp i et gantt-skjema vindu, mens BIM modellen kommer i et annet

vindu, med alle materialressurser oversiktlig plassert på venstre side og detaljert egenskaper plasseres til høyre.

Filtre for Involverende planlegging      Gantt-diagram      3D-modell      Element/aktivitet egenskaper



Figur 11 - Synchros brukergrensesnitt

Etter at alt av filer er lagt inn i Synchro begynner arbeidet med å koble 3D-modellen opp mot aktivitetene i fremdriftsplanen. Dette gjøres ved å velge elementene enten direkte fra 3D-modellen, eller ved å gå igjennom alle ressursene i egen ressursfane. Det er på dette stadiet viktig å ha lagd en god og oversiktig fremdriftsplan for å forhindre at det skal bli altfor mye omarbeid dersom det kommer endringer i fremtiden, noe som ikke er uvanlig.

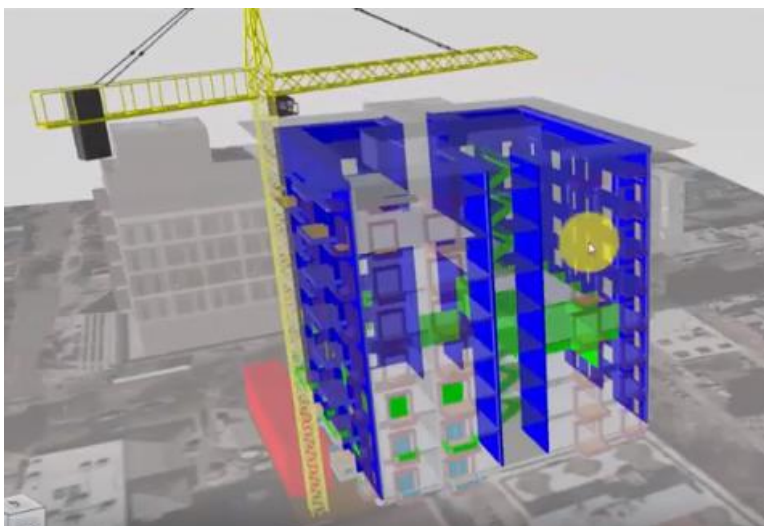
Med en god og oversiktig fremdriftsplan må det tenkes på mer enn at planen ser oversiktig ut for den enkelte aktøren, men også at den gjør det lett å forstå hvilke element, i hvilken etasje, i hvilke del av bygget den gitte aktiviteten hører til. Dette for å enkeltst mulig kunne endre aktiviteter koblet opp mot modellen uten at det må gjøres store endringer i fremdriftsplanen. Fokuslinjen i gantt-skjemaet som viser hvilket tidspunkt i fremdriftsplanen bygget vises, settes til byggestart. Det fører til at etter hvert som elementer er koblet opp til aktiviteter, vil elementene fjernes fra modellen frem til fokuslinjen passerer aktiviteten i fremdriftsplanen.

Dette gjør det lett å se hva som blir koblet til modellen og hva som gjenstår. Det er da også lett å legge merke til hvilke elementer som ikke har fått tildelt en aktivitet, noe som kanskje kan være på grunn av dårlig planlegging – og gir dermed muligheter til å oppdage feil i planen på et tidlig tidspunkt.

Dersom modellen består av flere mindre og spredte elementer i modellen som tilhører samme aktivitet, for eksempel et betongdekke, er det mulig å tildele alle disse elementene i en gruppe. Grupperingen vil hjelpe med å se alle elementene som går under samme aktivitet, og vil hjelpe med å vise aktivitetens utvikling ved at de kan bli gradvis synlige etter hvert som aktiviteten pågår. Dersom disse elementene ikke hadde vært gruppert, ville denne fremvisningen pågått for hvert enkelt element, og ikke vist den reelle fremgangen i prosjektet.

Etter at alt av elementer er blitt koblet opp mot korrekt aktivitet er arbeidet med å lage en 4D-modell ferdig, men det er fortsatt mye arbeid igjen for at modellen skal være oversiktlig og lett å arbeide med. Det raskeste og enkleste som kan bli gjort for en bedre visuell oversikt er å tildele hvordan hvert fag skal visualiseres, med en viss farge og animasjon som kan tildeles elementer under arbeid. Dette gjøres ved å sette opp en «Appearance Profile» der farge, animasjon, gjennomsiktighet og mer kan bestemmes. Betong, Stål, Fundament, Maler og VVS er eksempler på fagområder som kan ha forskjellige utseende profiler. Fordelingen av farger fører til god oversikt over hvilke aktører som arbeider hvor på byggeplassen til enhver tid, og ikke bare at det blir gjort arbeid i området.

Bruk av 3D- og taskfilter kan brukes for å få en bedre oversikt over modellen og fremdriftsplanen. Gjennom bruk av 3D-filter kan for eksempel alt av betongarbeid velges, mens alle andre involverte aktiviteter enten kan fjernes helt, eller gjøres gjennomsiktige. Dette gjør at det blir lettere å visualisere betongarbeidet underveis i prosessen, uten at andre aktiviteter står i veien. I figur 12 vises et eksempel fra Synchron der 3D-filter til 3 av ytterveggene (blå) og trapper (grønn) er valgt. Dette kan gjøres for å også kunne se fremdriften av bygget invendig.



*Figur 12 - Bruk av 3D-filter for bedre visualisering*

Bruken av 3D-filter gjøres også for å få en bedre organisering av elementene i modellen, der det bare er å aktivere et filter for å fokusere på de forskjellige fag, istedenfor å manuelt måtte velge elementer.

### **3.2. Muligheter**

Gjennom bruk av 4D-planlegging forteller intervjuobjekter at det er store muligheter for å redusere det uproduktive arbeidet på byggeplass ved at flere aktiviteter blir regnet som sunne aktiviteter. Dette tenkes å komme av eksempelvis bedre forståelse av området til aktiviteten, mer forståelig informasjon gjennom bruk av modell eller bedre kontroll over foregående aktiviteter gjennom rask og enkel kvalitetssikring. Bedre generell forståelse av byggeprosessen og dens enkelte aktiviteter erfares at kan føre til besparelser av tid og kost. Simulering av byggeprosessen tidlig i planleggingsfasen fortelles at kan gi muligheter for aktører å lettere jobbe på tvers, gjennom det visuelle overblikket modellen kan gi. Denne fordelene kommer av forståelsen for hva som skal bli gjort hvor, til hvilken tid og hvem som skal gjøre hva, noe som gir store muligheter for forbedret planlegging under møter. Gjennom bruk av modell i drifts- og basemøter, der det har blitt vist for eksempel en 2-4 ukers plan i Synchro, blir det muligheter for alle involverte aktører å lettere se hva som skal bli gjort, hvor det skal gjøres og hvor stor arbeidsplass de forskjellige aktørene har tilgjengelig de neste ukene. Det er da spesielt

forståelsen for hvor andre aktører jobber som blir en stor fordel av denne bruken, der aktører tidligere bare har fokusert på deres eget arbeid, og ikke hvordan det påvirker andre. Modellen kan derfor brukes som et kommunikasjonsverktøy mellom alle involverte for en rask og enkel forståelse, i forhold til tidligere der det har kunnet blitt brukt opp til flere timer på å måtte forklare hver enkel aktivitet gjennom et gantt-diagram.



*Figur 13 - Bruk av Synchro i planleggingsmøte*

Denne optimaliserte byggeperioden oppleves spesielt til å kunne gi mulighet til reduksjon av kost og tid, men det tenkes å også resultere i reduksjon av skader på arbeidsplass ettersom faremomenter raskere kan bli oppdaget og forhindre. En tidligere risikovurdering gir store muligheter for redusering av kostnader, skader og tid ettersom den motproduktive tiden fra omarbeid og stopp i produksjon reduseres.

Dødtid på byggeplass forventes også til å ha store optimaliseringsmuligheter for å reduseres gjennom god 4D-planlegging. Gjennom bruken av en involverende planlegging og Lean tankegang på alt fra drifts- og basemøter med 4D-BIM som basis i prosjektet mener medarbeidere i Veidekke at den uproduktive tiden på byggeplassen kortes drastisk ned [30]. Dersom lean flyten kommer inn i prosjektet, og alt av arbeid blir kombinert, er det muligheter for å lettere kunne planlegge logistikk gjennom når leveranser skal komme og hvor de har lagringsplass, mener intervjuobjekter. Dette kan føre til at mellomlagringsstadiet av

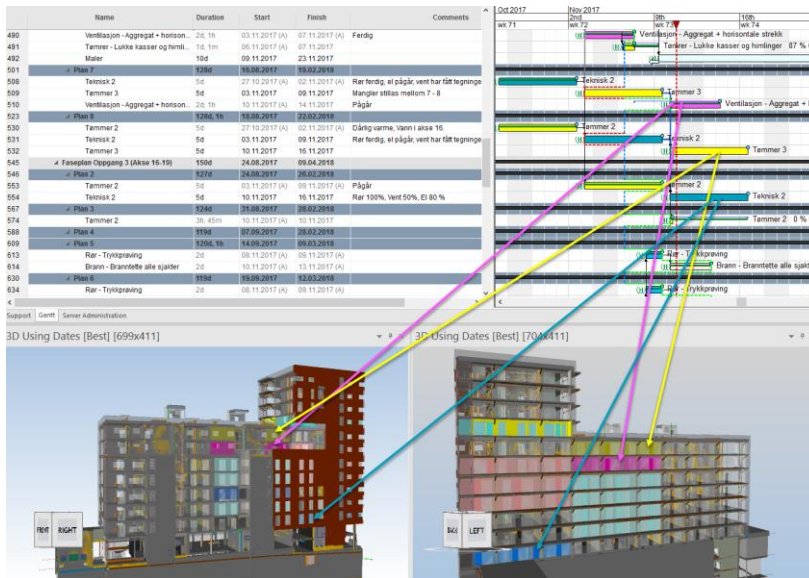
arbeidsmateriale kan reduseres eller fjernes totalt, noe som kan føre til tid og penger spart. Intervjuobjekter tenker at det da kan bli mulighet for å oftere kunne levere materialer til byggeplass som skal i bruk og ikke bruke tid og ressurser på å flytte materialer rundt omkring. Spesielt arbeidsområde funksjonen i Synchron er et godt redskap her, der det i møter kan bli vist hvordan byggeplass kommer til å se ut om 5-9 uker dersom alt går etter planen. Det kan da lettere sees i hvilke områder det er risiko for komplikasjoner med tanke på lagring og leveranser, for så å kunne komme frem til en løsning.

### 3.3. Erfaringer

*“Når man ser fremdriften i modellen kan selv personer uten erfaring innen fremdriftsplanlegging se for seg at grunnarbeid må først, før et betongdekke kan legges og vegger og stål kan påbegynnes oppover i etasjene “*

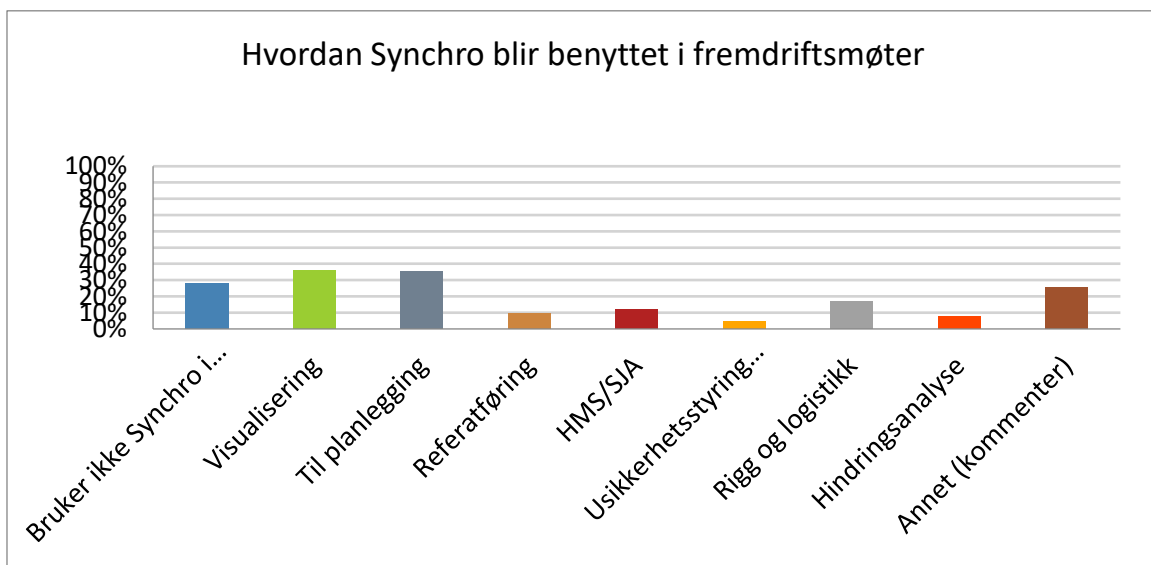
Største effekten av bruken av 4D-planlegging erfares til å være den generelle bedre forståelsen fra alle involverte interessenter. Det har gitt bedre muligheter for folk som aldri har planlagt et prosjekt til å kunne hjelpe til med fremdriftsplanlegging når de har modellen ved siden av. For en ikke altfor erfaren fremdriftsplanlegger kan det være vanskelig å sette opp en fremdriftsplan dersom man bare har et gantt-skjema til disposisjon, men når man får modellen klarer de fleste å se for seg at støttemurer og eventuelt grunnarbeid må komme først, etterfulgt av et betongdekke før vegger og stål kan påbegynnes oppover i etasjene.





Figur 14 - Aktiviteter koblet til soner i modell

Den generelle bruken blir sett på som intuitiv av personer med litt erfaring innen BIM fra før, men det er mange funksjoner for optimalisert bruk som trenger mye erfaring for å håndtere godt. Bruken av gantt-diagrammet og kobling av elementer med aktiviteter blir fort en vanesak, og det tar ikke lang tid før man lærer seg hurtigknapper, snarveier og forenklinger som fører til at mye av arbeidet går av seg selv. I en intern spørreundersøkelse fra Veidekke kommer det frem at 66,9% av medarbeidere i Veidekke som har erfaring med bruk av Synchro svarer at deres helhetlige opplevelse ved bruk som et planleggingsverktøy er bra eller veldig bra [30].



Figur 15 - Hvordan Synchro blir benyttet i fremdriftsmøter [30]

Figur 15 viser hvordan medarbeidere i Veidekke benytter Synchro i fremdriftsmøter, der visualisering og planlegging forekommer oftest. Erfaringsmessig har bruken i møter blitt tatt godt imot, der det blir oppfattet som at det kan føre til en bedre og tryggere plan. Aktørene oppleves mer inkluderende i hele prosessen ettersom de nå kan se problemer ved andre aktører som kan føre til problemer på byggeplassen. Bas og driftsmøter oppleves mye lettere gjennomført ettersom det nå ikke trengs å gå igjennom alt for å få forståelse, men starte rett på hva som skal bli gjort og hva som kan bli gjort bedre. På Vitaminveien 11 er det da blitt gått kvalitetssikrings runder på fredag, for så å kunne diskutere hvordan og hvorfor problemer skal løses på mandag morgenen.

### 3.4. Forventninger

*«Kan bli litt reservert med tanke på hvor mye nytt som har blitt lovprist opp igjennom årene og aldri slått helt an, men det er stort potensiale i Synchro»*

Forventningene til den nye planleggingsmetoden er store. Spesielt hos personer med erfaring innen BIM og Synchro er engasjementet for en rask implementering høyt, mens det er litt mer skepsis fra personer som kun har hørt om mulighetene med bruk av ny programvare. Det er ikke første gang ny programvare har blitt lovprist som fremtiden, og siden ikke slått helt an som planlagt, men alle ser potensialet i bruken.

Større beslutningsvilje fra forskjellige aktører er noe som forventes ved bruk av 4D-modell i planleggingsmøter med en involverende metodikk. Det er flere eksempler på aktører som blir litt fraværende og ikke klarer å bestemme seg under møter, men som plutselig kan komme med innspill etter at fremdriftsplanen er satt. Grunnen til dette kan være fordi de ikke helt skjønner problemet såpass tidlig i planleggingen eller hvordan den eventuelle aktiviteten blir påvirket og kan påvirke resten av prosjektet.

### 3.5. HMS – Helse, Miljø og Sikkerhet

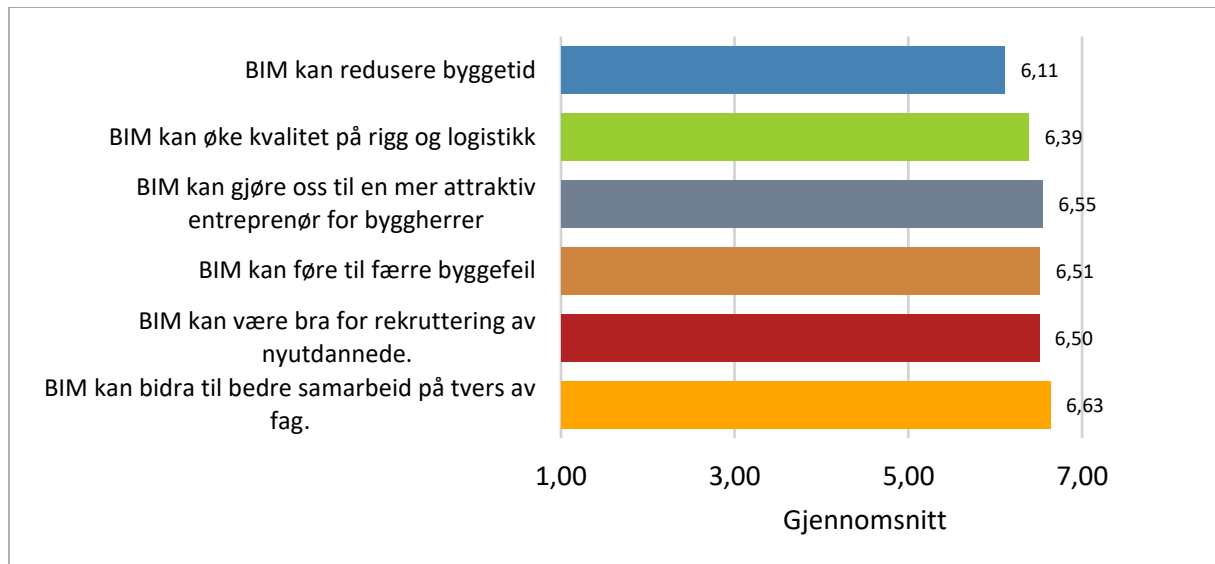
Risikoen for skade på arbeidsplassen beskrives som større i bygge bransjen enn i de fleste andre bransjer, med tanke på at det er mye som skjer til enhver tid med forskjellige faremomenter. Det å ha muligheten til å gjøre en risikovurdering så tidlig som mulig i prosjektet for å se eventuelle sikkerhetsmessige konflikter digitalt før det skjer i virkeligheten, er derfor et viktig prioriteringsmoment når det kommer til fremdriftsplanlegging. Det at det blir sikrere å jobbe på arbeidsplassen enn tidligere gir muligheter for mer effektivt arbeid gjennom hele prosessen.

Ved bruk av verktøy som Synchro kan det sees hvilke ulike områder på byggeplassen som er mer risikofylte enn andre, og riggplan kan da lettere oppdateres underveis i byggeprosess. Ved hjelp av risikobildet gitt av 4D-modellen over byggeplassen har det blitt erfart at det blir lettere å planlegge en mer detaljert riggplan. Planen kan da lettere ta forhold til områder som sperres av i tidsperioder og da planlegge hvordan andre fags fremdrift og logistikk skal gå frem med begrenset tilgang til disse områdene.

### 3.6. Fordeler ved bruk av 4D-planlegging

Gjennom bruk av 4D-planlegging erfares mulige fordeler til å være mange. Bedre forutsigbarhet, lettere planlegging av parallelle prosesser og bedre tverrfaglig kommunikasjon muliggjøres gjennom enkel bruk av visuell oversikt over arbeidsprosessen. Disse fordelene er viktig for at en aktivitet skal kunne betegnes som en sunn aktivitet, og kan føre til store reduksjoner i både den uproduktive og motproduktive tiden på arbeidsplassen. Den største fordelen ved bruk av 4D-planlegging i et byggeprosjekt oppleves til å være den generelle forståelsen som kommer av visualisering av fremdriften. Denne forståelsen kan spare mye tid og penger ved at eventuelle konflikter mellom involverte aktører kan løses før de oppstår på byggeplass.

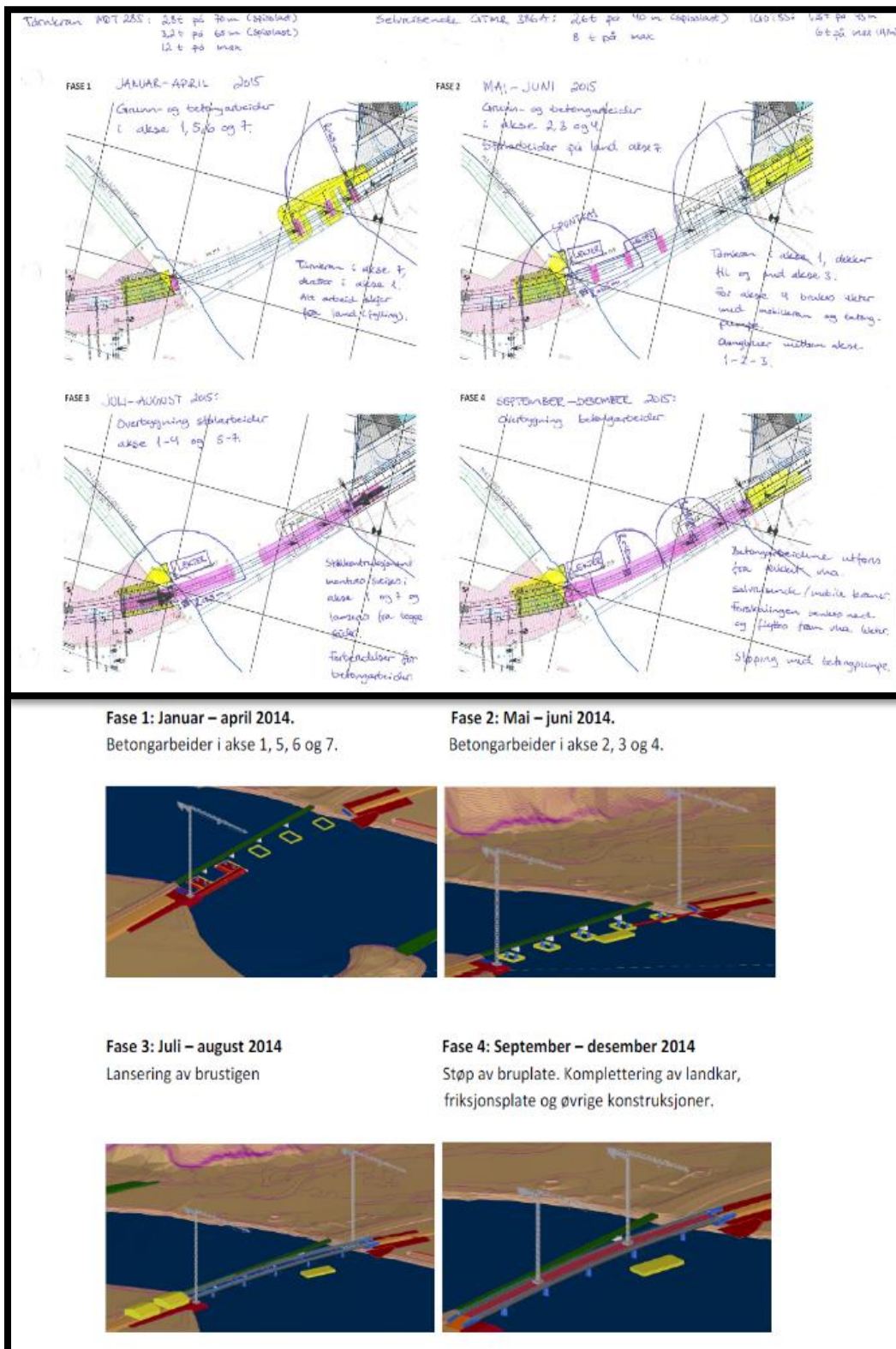
I Figur 16 presenteres fordelene som medarbeidere i Veidekke har opplevd best gjennom bruk av BIM og 4D [30]. Det sees her at det i tillegg til reduksjon av tid, feil og samarbeid mellom aktører også oppleves at bruken gjør en bedrift mer attraktiv for byggherrer og nyutdannede. Det blir også fortalt at byggherrer oftere har begynt å ha bruken av BIM som et krav, ettersom bruken oppleves til å føre til en bedre prosjektgjennomføring.



Figur 16 - Opplevde fordeler ved bruk av BIM

Figur 17 viser et eksempel for hvordan den visuelle fremvisningen utvikler seg fra bruk av papirtegninger til bruk av 4D-modell. Denne visualiseringen erfarer til å gi fordeler for å lettere formidle prosjektgjennomføringen ved å gi en bedre og raskere forståelse av hvordan arbeidet skal gå fremover.

Muligheten til å kunne bestemme filtre til både 3D-modellen og fremdriftsplanen betegnes også som en stor fordel som forekommer ved bruken av Synchro. Filtringen av informasjon bidrar til mer effektivisering av møtene, der det ved noen tastetrykk kan vises lags- og ukesplaner, eller kun vise definerte elementer i modellen som det skal fokuseres på. Ved at all informasjon er filtrert og samlet i ett program, oppleves møtene mer systematiske, med mye færre missforståelser enn tidligere.



Figur 17 - Lettere formidling av budskap gjennom visualisering. Papirtegning vs. datamodell [33]

### 3.7. utfordringer

*«Unge påstår at nytt er bedre, uten erfaring nok til å kunne si det»*

Den største utfordringen til å begynne med implementering av 4D-planlegging blir å få alle involverte med på bruken og implementeringen av et nytt verktøy. Synchro PRO er et stort program med mange funksjoner, noe som kan skremme mange ved første øyekast, spesielt personer som ikke har mye tidligere erfaring innen bruk av generell BIM. Scenariot med at eldre med erfaring ønsker å fortsette å arbeide slik det har fungert i alle år, mens den yngre generasjon kommer og påstår at det finnes en bedre måte uten å ha nok erfaring, kan fort oppstå. Det er derfor smart å starte i det små, for å få inkludert så mange som mulig, for at det ikke skal oppstå problemer midt i implementeringen [23].

For å få mest mulig ut av implementeringen av 4D er det viktig at så mange som mulig har kunnskap innen programvaren, for at det ikke ender opp med én person som har ansvar for flere prosjekter. Det kan føre til dårligere gjennomføring ettersom det trengs god forståelse av prosjektet for at modellen og videre planlegging skal gå feilfritt, noe som er mye lettere dersom flere på prosjektene har generell kontroll over programvare og fremgangsmåte. For Veidekke har denne tankegangen stått i sentrum lenge, og sammen med involverende planlegging går de inn for å få opplært flest mulig personer til en generell forståelse av ny programvare. Denne tidligere implementeringen til en større andel aktører vil forhåpentligvis føre til en raskere og enklere full implementering i det lange løp. Etter hvert som mesteparten begynner å forstå det generelle i ny programvare og planleggingsmetode, er det mye lettere å starte bruken av forskjellige funksjoner innad i programmet for å optimalisere bruken.

En annen utfordring som kan oppstå underveis i prosjektet er endringer, omarbeid og feil. Dersom dette oppstår er det optimalt at alle involverte raskt og effektivt vet hvordan dette skal rapporteres og endres, for å redusere tiden og kosten denne endringen har på prosjektet. Gjennom bruk av Synchro Workgroup Project der flere medarbeidere kan være koblet opp til modellen samtidig kan endringer registreres gjennom Synchro SITE appen, for så å enkelt kunne bli endret i Synchro PRO programvaren.

### 3.8. Fremtiden med 4D-planlegging og Synchro

*«Importer modell, trykk analyser, alt blir automatisk linka og det trengs bare kontrollsjekk»*

Det har tatt lang tid for BIM å bli en del av hverdagen med såpass mange forskjellige digitale verktøy og funksjoner, og intervjuobjektene ser ikke bort ifra at det kommer til å ta lang tid før man ser en positiv effekt av videre implementering med 4D-planlegging.

Med programvarer som Synchro som er under konstant utvikling kan man ikke se bort ifra at det om noen år vil være enda bedre funksjoner, et enklere og mer intuitivt brukergrensesnitt og mer automatisert arbeid. Synchro har egen funksjon som gir mulighet om å legge inn koder i programmet, som kan brukes til å automatisere prosessen mer, men grunnet lite kompetanse innen programmering/koding, er dette en funksjon som ikke har blitt prøvd skikkelig ut enda i Veidekke. Det er da tenkelig at det etter hvert blir mulig å importere inn 3D-modell og fremdriftsplan, trykke analyser, og at aktivitetene automatisk blir koblet opp mot elementer i rett bygg, etasje og fag etter standardiserte navn på elementene og aktivitetene. Dette vil kreve mer detaljert jobb fra de som tegner 3D-modell, men blir tenkt til å gjøre opp i kost og tid når det kommer til arbeidet rundt 4D-modellen. I dette arbeidet trengs det da kun å kontrollere at alt av informasjon er koblet opp riktig og korrigere eventuelle småfeil.

Funksjoner som effekt på kostnad tenkes til å bli et av de neste stegene som kommer til å bli fokusert på i programvarer, men det er ikke mulig å se hva fremtiden vil bringe med 5D- og eventuelt 6D-modellering. Det vil være brukerne av programvarene som kommer til å påvirke dette. Foreløpig oppleves det tungvint å ta i bruk effekt på kostnader ettersom det er lite automatisering i programvarer, og kostnader må derfor manuelt kobles til forskjellige elementer, aktiviteter og arbeidere. Dette er noe som tenkes kan kobles inn i en eventuell mal, der forskjellige endringer i kostnader blir endret manuelt.



## 3.9. Casestudie

### 3.9.1. Nye Tvedestrand videregående skole



Figur 18 - Nye Tvedestrand vgs. [31]

Nye Tvedestrand skole og idrettsanlegg er et samarbeidsprosjekt mellom Aust-Agder fylkeskommune og Tvedestrand kommune, hvor fylkeskommunen er ansvarlig for skolebygget, mens kommunen er ansvarlig for idrettsanlegget. Bygningsmassen er i overkant av 20 000 m<sup>2</sup> og er dimensjonert for om lag 700 elever.

En av ambisjonene for bygget er

*Skolen som del av naturen – naturen som del av skolen*

Av denne grunn skal skolen bygges som et pluss hus etter FutureBuilt-definisjonen. Over 4000 m<sup>2</sup> solcellepaneler, 21 dype energibrønner og høyeffektiv oppvarming av varmtvann med varmepumper skal sørge for dette. Det vil også bli brukt CO<sub>2</sub>-vennlige byggematerialer som f.eks massivtre til innervegger og tribune [31].



Det at skolen skal fungere som del av naturen skaper dermed også utfordringer for byggeprosessen gjennom lite tilgang og lagringsplass, med bl.a. høye tretopper som hindrer bruk av kran i visse områder. Dette er problemstillinger som kan bli løst av 4D-planlegging gjennom å vise hvilke områder som er ledig for lagringsplass, hvordan kranene skal flytte seg og hvordan arbeid burde foregå midt i skogen.

Arbeidet med å sette opp en 4D-modell til bruk av visualisering og videre planlegging av prosjektet startet med å importere 3D-modellen i flere forskjellige filer, én for betongarbeid, én for stål, én for prefabrikkerte elementer og en for fasadelementer. Første problem kom allerede første dag gjennom at studentlisensen til Synchro hadde en begrensning på 125 aktiviteter. Synchro kundeservice ble kontaktet og forklart at oppgaven tok for seg et såpass stort prosjekt at 125 aktiviteter langt ifra var nok og etter litt frem og tilbake ble det utdelt en full Synchro PRO lisens til bruk i oppgaven.

Ettersom Tvedestrand videregående skole er et såpass stort og komplekst prosjekt, har bygget blitt delt inn i 4 deler, der hver del har 4-6 etasjer. Ettersom disse 4 byggene kunne sees på som separate bygg, ble fremdriftsplanen laget på nytt i Synchro for å skaffe best mulig oversikt over byggets helhet.

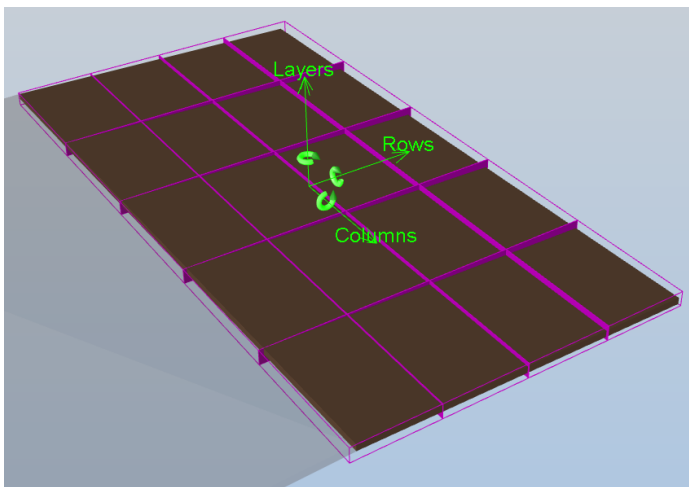
Fremdriftsplanen var ikke helt ferdigbestemt på dette tidspunkt, så det ble brukt mye tid på omarbeid av modellen etter hvert som planen endret seg. Det ble i starten brukt mye tid på å lære seg den grunnleggende fremgangen i programvaren, og prøve å finne hurtigtaster for at det manuelle arbeidet skulle bli mer effektivisert. Etter hvert som endringer ble gjort ble det erfart at omarbeidet gikk raskere og raskere, noe som tyder på at det ikke trengs mye erfaring for at den generelle bruken skal begynne å komme inn som en vanesak.



Figur 19 - Oppsett av fremdriftsplan

I denne masteroppgaven var det planlagt å hovedsakelig se på råbygget til prosjektet, men det ble etter hvert også lagt inn fasadeelementer til tett bygg. Rekkefølgen i fremdriftsplanen som ble valgt til slutt ble bygg, del/etasje, elementtype. Dette ble valgt for at det skulle bli best mulig oversikt over hvor en aktivitet var i bygget både i modellen og på planen. Etter å ha satt opp fremdriftsplanen med alle planlagte aktiviteter ble arbeidet med å koble 3D elementene mot aktivitet startet. Dette ble gjort ved å filtrere bygget til å vise én etasje om gangen av de forskjellige fagene i hver del av bygget. Etter hvert som elementer ble koblet opp mot gantt-diagrammet forsvant de fra modellen, og til slutt var det bare ikke planlagte objekter igjen i modellen, som ble skjult inntil videre.

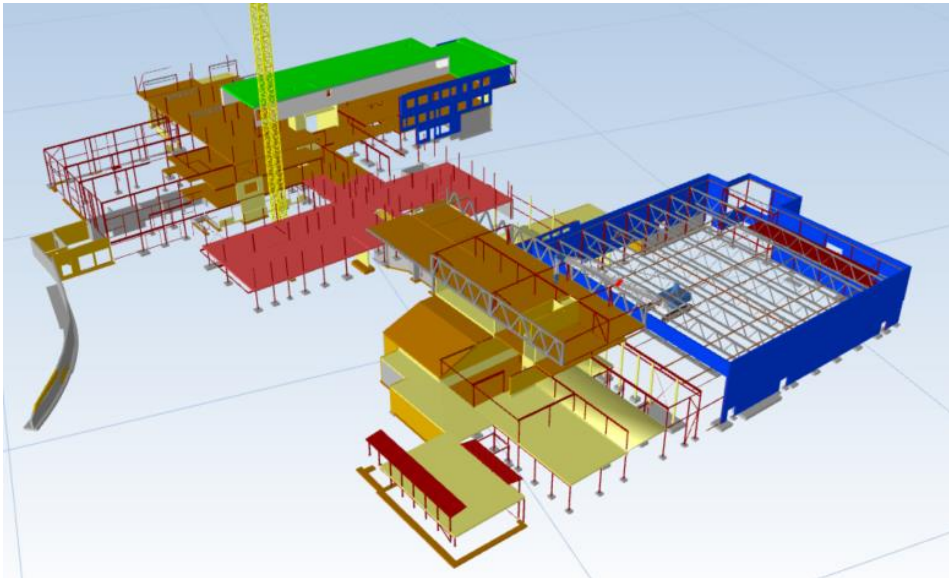
Et problem som ofte oppstod under sammenkoblingen var at aktørene som hadde tegnet modellene ikke hadde tenkt over hvordan bygget skulle fordeles, og flere elementer gikk derfor over store områder som skulle arbeides med i flere etapper. Synchro har da en funksjon som heter «Subdivide» som ble brukt til å dele elementene opp slik arbeidet faktisk skulle pågå.



Figur 20 - Oppdeling av et større element

Deretter ble «Appearance Profiles» koblet opp mot aktivitetene, der betong, prefabrikkerte elementer, fundament, stål og fasadeelementer hadde hver sin profil. Dette gav en mye bedre oversikt over byggeplassen, og hvilket arbeid som ble gjort hvor til enhver tid. I starten ble det prøvd ut mange forskjellige profil innstillinger, med blant annet animasjoner over hvordan dekker blir påbegynt i sørøst og bygges mot nordvest, eller fasadeelementer som blir bygd fra høyre mot venstre på bygget. Dette ble gjort for å skape en mer animasjonsfølelse

som gjorde at modellen underveis så mye finere ut, men det ble til slutt bestemt å ikke bruke disse animasjonene i starten. Hovedfokuset i modellen ble heller satt til å fokusere på å få en oversiktlig modell over hvem som driver med hvilket arbeid til enhver tid, uten å ha for mye stilfulle funksjoner som i starten bare kan føre til misforståelser og forvirring.



Figur 21 - Visualisering av byggeprosess

Bruken av arbeidsområder ble tidlig anbefalt for å skape oversikt og kontroll over byggeplass, ved at områder blir belyst i modellen, for å vise hvor det blir arbeidet på byggeplass utenom de spesifikke elementene. Denne funksjonen kan brukes til å fordele lagringsplass, vise hvor farlig arbeid pågår og fordele arbeidsområder til alle aktører. Denne funksjonen anbefales spesielt etter hvert om innvendig arbeid som rør, maler, elektriker og innredning påbegynnes. Da blir bare hvert enkelt rom markert som viser at arbeid pågår her.

Fordeling av arbeidsområder til kranarbeid kan oversiktlig bli vist gjennom tildeling av egne profiler for hver kran. Dette gjør at det underveis i planen kan sees om det er mangel på kran tilførsel eller blir unødvendig ressursbruk av kraner gjennom prosjektet. Denne bruken ble brukt i Vitaminveien 11, og blir vist i neste casestudie.

Etttersom nye Tvedestrand videregående skole er et såpass stort og komplekst bygg, er dette et prosjekt som kan få mange fordeler gjennom bruk av 4D-planlegging. Bygget er som sagt delt inn i 4 hovedbygg, der hvert bygg kan sees på en om unik byggeprosess. Det er viktig å konstant

ha god oversikt over hvilke aktiviteter som er aktive til enhver tid for å kunne lettere unngå konflikter på byggeplassen.

Skolen blir også bygd med trær og vann på alle kanter, noe som kan gi vansker med planlegging av logistikk på byggeplass. Det er lite plass rundt bygget, så alt av leveranser må planlegges godt for at det skal være plass til alt av materiale uten å påvirke andre aktiviteter fremgang. En komplett visualisering av hvordan byggeplassen kommer til å se ut til enhver tid kan da hjelpe med å lettere bestille leveranser og planlegge lagring av materialer i fremtiden.

Ved bruk av en involverende planlegging blir flere av utfordringene ved Nye Tvedestrand vgs. løst. Arbeidsdeling i tid gjør at det konstant skal være god oversikt over hele prosjektets livssyklus, og med en møtestruktur som jevnlig diskuterer lags-, uke- og utviklingsplaner blir de fleste aktiviteter godt gjennomgått uten problemer. Men som tidligere skrevet så er hovedfokuset til involverende planlegging ikke bare å jobbe hardere, men å fjerne den uproduktive tiden. For å oppnå en sunn aktivitet kan 4D-planleggingen hjelpe til med anskaffelsen av de syv forutsetningene. Oversikt over aktiviteter, informasjon, materiale, mannskap, utstyr og plass er alle beskrevet i litteraturen som fordeler ved bruken av 4D.

Bruken av 4D-planlegging vil ikke revolusjonere hele prosjektgjennomføringen, men det kan føre til en bedre prosjektgjennomføring. For å anskaffe en best mulig 4D-modell trengs det innspill fra alle involverte aktører, og det er nettopp dette som skjer i en involverende planlegging. Aktører blir tvunget til å være aktive i møter ved at deres fremgang blir synliggjort og kan gjennom denne involveringen få en større beslutningsvilje som vil effektivisere planleggingsprosessen. Dette kan da føre til litt tid spart på mange punkter gjennom hele prosjektgjennomføringen ved en bedre forståelse og da mer effektive møter og planlegging.

### 3.9.2. Vitaminveien 11



Figur 22 - Vitaminveien 11

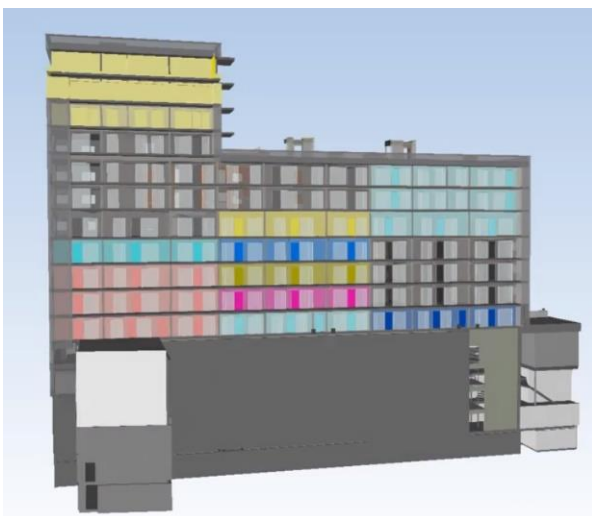
Vitaminveien 11 er et storprosjekt på 60.000m<sup>2</sup> på Storo i Oslo, som består av blant annet hotell, et stort kinosenter, næringslokaler, 149 boliger og en barnehage. Oppdraget for Thon Storo ANS er en totalentreprise verdt en milliard kroner. Bygging av boliger, hotell, kino og næringsbygg er noe Veidekke er godt kjent med fra tidligere, men det spesielle med Vitaminveien 11 er at alt skal gjøres i ett og samme prosjekt. [32]

Vitaminveien 11 er et stort og komplekst prosjekt som Veidekke har arbeidet med siden 2016. Prosjektet blir delt inn i tre delprosjekter; boliger, hotell og kinosenter, der kinosenteret måtte stå klart for første forestilling i mars 2018, mens resten av prosjektet blir ferdigstilt i 2019. Drift av tre byggeplasser parallelt på samme arbeidsområde er krevende arbeid, og all logistikk må fungere som den skal for at fremgangen skal holde tiden.

På bakgrunn av kompleksiteten og størrelsen på prosjektet, har Veidekke jobbet aktivt for å få implementert 4D-planlegging i dette prosjektet for å oppnå så god oversikt som mulig gjennom alle prosjektfasene. Synchro har blitt brukt som et verktøy til å hjelpe med fremdriftsplanlegging, ressursplanlegging, visualisering, kontrollering, drifts- og basemøter og kontrollering av prosjektgjennomføringen [33].

Bruken av Synchro ble tatt godt imot under oppfølgingsmøter i prosjektet. De involverende planleggingsmøtene ble satt opp som før, der gantt-diagrammet var styrende mens modellen ble sett på som en bonus. Dette for at det ikke skulle bli en for brå overgang til den nye planleggingsmetoden. Modellen ble spesielt brukt til å vise overblikket over byggeplass, men fokuset ble også satt på enkelte aktiviteter for å gi bedre forståelse i spesielt komplekse områder. Gjennom denne fremvisningen underveis i møtene kom det etter hvert innspill fra personer som ikke hadde erfaring med planlegging fra tidligere prosjekter, men som nå lettere skjønnte hvordan fremdriften kunne gå frem. Denne beslutningsviljen førte til en god planleggingsprosess og hjalp med å finne løsninger som tidligere kanskje ikke hadde kommet frem.

Fordeling av soner på byggeplass var funksjonen som ble mest brukt og som gav mest tilbake til dette prosjektet. Alle forskjellige fag fikk da sin egen profil med spesifikk farge, og det blir da lettere å se hvem som jobber i hvilke bygg, etasje og rom på prosjektet. I figur 23 sees fremdriften til bolig A, der hver farge viser til arbeidsområdet for et spesifikt fag som er under arbeid i den respektive leiligheten.



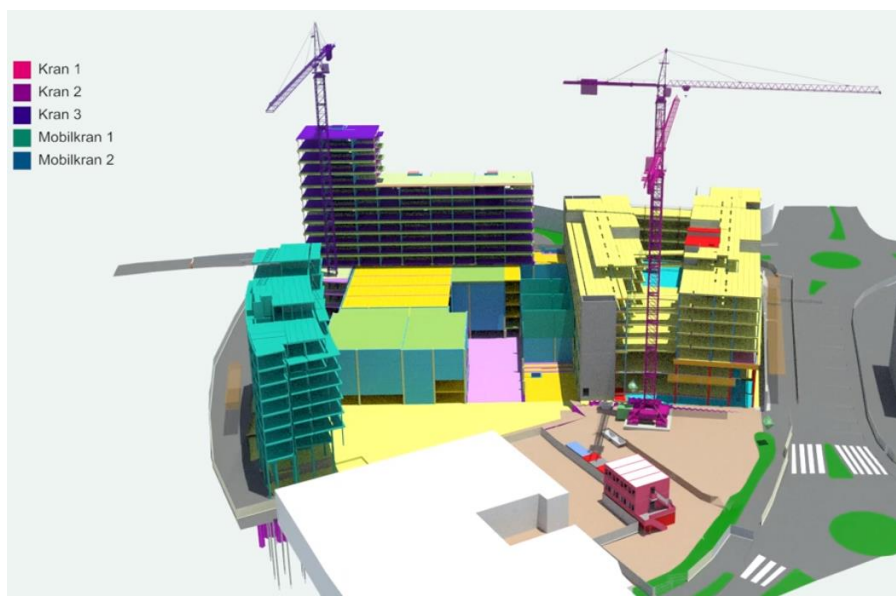
Figur 23 - Overblikk over arbeidsområder i blokk A

En standard ble tidlig satt i møtene for at det skulle bli minst mulig misforståelser i starten av møtene. Dette ble gjort ved at bruken av 4D-modellen med en IP-mal bare var med som en bonus og ikke hovedfokuset i møtene. Dette for å få alle involverte med under møtene og ikke falt ut på grunn av liten forståelse av den nye programvaren, men heller forsikre seg om at samtlige var med på den nye planleggingsmetoden. Ved at alle aktører får en generell forståelse over bruken av 4D gjør at det på lang sikt blir lettere å implementere flere funksjoner og større bruk i møtene. Optimalt sett er det ønsket at alle aktører skal ha god kontroll over Synchrono og dets funksjoner og bruk i et prosjekt.

Synchrono SITE blir også brukt aktivt i prosjektet gjennom kvalitetssikring runder, der 2-4 ukers planer kan legges inn. På rundene kan da planlagt arbeid sjekkes opp mot faktisk arbeid, og avvik kan automatisk bli synkronisert opp mot 4D-planen. I og med at Veidekke har som strategi å bli mest mulig papirfri, vil denne bruken av Synchrono SITE redusere papirbruken betraktelig samtidig som tid og penger blir spart ettersom avvikene automatisk blir synkronisert opp i systemet. Det trengs da ikke å skrive en ny rapport fra hele runden fordi hvert avvik som blir registrert i SITE applikasjonen kommer ut som en egen rapport med kommentar og bilde av faktisk arbeid, samt vise i 3D modellen hvordan arbeidet skulle være ifølge planen.

Fordeling av kranarbeid ble godt oversiktlig gjennom bruk av Synchrono, med egendefinerte profiler for hver enkelt kran. Dette ble gjort for at det til enhver tid skulle være oversikt over hvor kranene arbeidet, og gjorde at det ikke ble unødvendig ressursbruk gjennom prosessen. Ved å enkelt skape en profil for hver kran, gir det mulighet til å sette opp en egen oversikt over kranarbeid som gir overblikk over ikke bare hvor arbeidet pågår, men også hvilke kraner som bistår arbeidet. Dette for at det ikke skal bli misforståelser som kan lede litt uproduktiv tid under prosjektet. Denne fremvisningen av kranarbeid kom til god nytte i prosjektet, der det viste seg at en aktør hadde feilberegnet antall nødvendige kraner, og at det på et tidspunkt var én kran som arbeidet på to steder. Dette kom raskt frem under fremvisningen av modellen, og har ført til at prosjektet fikk en rask og uproblematisk fremdrift i arbeidet.





*Figur 24 - Overblikk over kraner og deres arbeidsområder*

Den nye planleggingsmetoden ble godt mottatt i møter med forskjellige aktører. Møtene ble sett på som mye mer effektive ved at det raskere ble forstått hvilke aktiviteter som ble diskutert, hvor det var på byggeplass og hvordan de påvirket byggeplassen og andre aktiviteter. Samlingen av all prosjektinformasjon inn i ett program, der informasjon enkelt kunne filtreres bidro til en effektivisering av møtene, der møtedeltakerne ble presset til å tenke fremdrift ettersom deres arbeid ble synliggjort. Områder der arbeid tidligere kanskje ikke hadde blitt sett på som noe problem, men aktører hadde endt opp i å måtte jobbe på skift, kunne problemet nå bli diskutert i møter før det oppstod på byggeplass.

Vitaminveien 11 blir altså brukt som et prøveprosjekt for Veidekke Oslo for å se hvor stor effekt 4D-planleggingen kan gi til forståelse, kommunikasjon og sikkerhet. En av utfordringene med implementeringen som ble erfart har vært at medarbeidere mener at implementeringen vil bli for dyr ettersom det blir bruk for iPader og BIM-kiosker for å oppnå en optimal bruk av 4D-planlegging. Disse mulige kostnadene har derimot blitt beregnet på av BIM-koordinator ved prosjektet opp mot tradisjonell bruk av papir. Der ble det tatt hensyn til utskrift og kopi kostnader, tid brukt til å anskaffe tegninger og tid brukt til å sortere og skaffe oversikt over alt av papirtegninger. Når disse kostnadene ble lagt sammen tilsvarte det leie av en BIM-kiosk i 1 år og kjøp av 60 iPader til bruk under prosjektet. Dette betyr at det etter bare ett år vil kunne



bli spart kostnader på bruken av digitale verktøy, ettersom det kun blir eventuell leie av BIM-kiosk som går igjen, mens kostnader rundt papir gjentas for hvert år.

Ettersom dette prosjektet har blitt brukt som et prøveprosjekt for Veidekke, har det ikke blitt målt noen kvantitative data som viser at den nye planleggingsmetoden fungerer. BIM-koordinator mener derimot at prosjektet har tjent på en bedre og tryggere plan med lite misforståelser. Det har ikke vært noen enkelte fordeler som har ført til store tidsbesparelser, men heller litt tid som har blitt spart overalt igjennom prosjektet, som har ført til en positiv prosjektgjennomføring.

## 4. DISKUSJON

### 4.1. 4D-modellering

4D modellering blir definert som en sammenkobling av bygningselementer i en 3D-modell opp mot sine respektive aktiviteter i fremdriftsplanen til et prosjekt. Konseptet 4D er ikke nytt, men det har lenge vært utfordringer med å få brukt dette konseptet i virkeligheten, grunnet mangel på digitale verktøy og gode programvarer. Siden tidlig 2000-tallet har derimot programvarer som Synchro blitt utviklet til å kunne tilby programvarer som blir lettere å bruke for hvert år.

I litteraturen blir det beskrevet mange fordeler ved bruken av 4D-planlegging; Økt visuell forståelse av bygget hindrer misforståelser tidlig i prosjektet og kan brukes til kollisjonskontroll mellom involverte fag på byggeplass. Generell kommunikasjon under prosjektet blir opplevd som bedre ettersom modellen klarere viser hva som skal gjøres hvor til enhver tid. Forbedring av kommunikasjon fører til en bedre planleggingsfase, ettersom aktører får et bedre overblikk over hvordan deres arbeid påvirker hele byggeprosessen. Ved å ha et bedre overblikk over hele byggeprosessen skapes en beslutningsvilje som fører til en positiv tidlig planleggingsfase. For å oppnå disse fordelene må det derimot til en planleggingsfase som skaffer nødvendig oversikt over oppgavene som skal gjennomføres, grunnlag for oppfølging og utførelse, samt formidle informasjon om kommende aktiviteter. For at bruken av 4D-planlegging skal fungere som et nyttig verktøy i planleggingsprosessen anbefales det derfor at disse områdene støttes.

Prosjekter som vurderer å implementere 4D-planlegging bør derfor evaluere følgende spørsmål; Er metoden et nyttig planleggingsverktøy som oppnår nødvendig oversikt over oppgavene som skal gjennomføres? Kan det brukes som et oppfølgingsverktøy for å gi nødvendig grunnlag for oppfølging og utførelse? Kan metoden brukes som et presentasjonsverktøy for å formidle informasjon om fremtidige aktiviteter?

Dagens bruk av 4D-modellering går ut på å koble en fremdriftsplan og en 3D-modell sammen for å kunne visualisere og forbedre den allerede planlagte fremdriftsplanen. Metoden kan derfor ikke defineres som en planleggingsmetode til dags dato, men etter min mening som et viktig og effektivt digitalt hjelpemiddel til fremdriftsplanleggingen.

Ved planlegging av fremdrift for et prosjekt kan 4D-modellen hjelpe planleggeren å lettere se begrensninger ved konstruksjonen som fører til at planen må bli gjennomført på en bestemt måte. Denne effekten kan merkes helt fra koblingsprosessen av elementer til aktiviteter blir påbegynt, der prosessen kan brukes til å kontrollere at alle elementer har blitt tatt hensyn til under planleggingen. Dersom det er noen elementer som har blitt glemt i fremdriftsplanen, men lagt inn i modellen, vil disse elementene synliggjøres og problemene som ikke tidligere er oppdaget kan derfra avklares.

Muligheten til å enkelt kunne håndtere endringer underveis i prosjektet blir nevnt av flere intervjuobjekter som en av forventingene til bruken av 4D-planlegging. Dersom en 4D-plan ikke er oppdatert til enhver tid i forhold til gjennomføringen, vil det kunne føre til at involverte aktører kan oppleve den som utroverdig og miste troen på den nye planleggingsmetoden. Gjennomføring av flere endringer i prosjektet kan føre til risiko for at aktører mister kontroll over egne og andres oppgaver, og kan med dette føre til konflikter på byggeplass. Det er derfor Syncho har gitt ut programvaren Synchro Workgroup Project, for at det enkelt kan registreres feil/endringer ute på byggeplass. Disse endringene blir da koblet opp til en intern database i Synchro, og kan da bli tatt hånd om i Synchro PRO. Bruken av visualisering gjennom en oppdatert 4D-modell kan også være nyttig for å skaffe oversikt over hvilke aktiviteter som blir påvirket av endringen, og ikke bare aktiviteter som er koblet sammen gjennom avhengighetskobling. Undertegnede har ikke prøvd seg på avhengighetskobling i programvaren Synchro, og har derfor kun kjennskap til dette fra opplæringsvideoer til Synchro Academy om hvordan dette vil fungerer i praksis. Ut ifra opplæringsvideoer så vil oppdateringen av endringer gå uten problemer, gitt at forarbeidet med avhengighetskobling er korrekt gjennomført. Manuell endring og omarbeid er derimot blitt gjort i deltakende casestudie, uten å ha ført til store problemer annet enn at det er tidskrevende.

Som bruk av et presentasjonsverktøy er alle intervjuobjekter enige i at 4D-modellen skaper en bedre forståelse over hele byggeprosessen. Gantt-diagram som er blitt brukt tidligere alene blir beskrevet som et enkelt og oversiktlig diagram som viser hvordan prosjektet skal gå frem, men dersom planen blir omfattende kan det skape vanskeligheter i å se hvordan hver aktivitet påvirker eller er avhengig av hverandre. Bruken av en 4D animasjonsfilm for å tidlig presentere

prosjektets omfang og helhet blir nevnt som veldig positivt for byggherrer, som stadig oftere velger å ha dette som et krav under anbud. Kombinasjonen mellom 4D-modell og gantt-diagram kan derfor sees på som den optimale presentasjonsmetoden, der modellen gir en bedre forståelse av helheten i byggeprosessen. Dette vil også gjøre det lettere å forklare planen til alle involverte i prosjektet under møter. Intervjuobjekters erfaring fra prosjekter viste at modellen som et presentasjonsverktøy ble godt tatt imot, og at forståelsen om hva som ble diskutert kom mye raskere enn tidligere. Denne forståelsen førte til større beslutningsvilje fra flere aktører under planleggingen som gjorde at planen opplevdes som tryggere for alle parter.

#### 4.2. Synchro som et verktøy

I Veidekke så er det programvaren Synchro som blir satset på for å forbedre planleggingen, oppfølgingen og presentasjonen av prosjekter. Synchro har fungert som et alt-i-ett program, der fremdriftsplan og 3D-modell har blitt importert inn og blitt arbeidet med som én fil og ikke to separate filer. I litteraturen blir flere fordeler til prosjektgjennomføring beskrevet som mulige gjennom bruken av en 4D-modelleringsverktøy, men for å oppnå disse fordelene, trengs det at programvaren er forståelig og enkel å arbeide med. Eastman et.al. presenterer i sin bok «BIM handbook» ni retningslinjer som et 4D-modellerings programvare burde inneholde for å kunne utnytte disse fordelene, presentert i kapittel 2.7 [16].

Som med de fleste nye programvarer, kan det grafiske brukergrensesnittet i Synchro fort virke veldig komplisert ved første øyekast ettersom programmet har såpass mange forskjellige funksjoner tilgjengelig. Når arbeidet med Synchro først har startet oppleves derimot mye av programvaren som intuitivt, og det er tydelig at Eastman et.al. sine punkter har blitt tatt i betraktning under utviklingen av brukergrensesnittet; Importering av filer går kjapt og enkelt, der alt av nødvendig informasjon følger med og blir sortert i definerte informasjons faner. Sammenkobling av flere 3D-modeller fører ikke til noen problemer, der alt av komponenter blir oversiktlig fremstilt i ressurs vinduet og vist i 3D-vinduet. Den manuelle sammenkoblingen mellom modell og plan er ikke problematisk, men kan være veldig tidskrevende og krever god kontroll over prosjektet. Det er derimot muligheter for å automatisk linke elementer og aktiviteter sammen, men for å optimalisere dette trengs det standardiserte metadata på elementer og deres respektive aktiviteter. Det er deretter muligheter for å definere forskjellige

filtre og oppsett i programmet for å lettere orientere seg igjennom modellen. Midlertidige komponenter går an å laste inn som 3D-objekt, og det kan defineres 3D-ruter som disse objektene skal bevege seg i. Uthenting av rapporter kan gjøre gjennom både Synchrono PRO og ved bruk av Synchrono SITE i kvalitetssikringsrunder. Presentasjonen av modellen gjennom bruk av animasjon har også mange muligheter, der forskjellige synspunkt enkelt kan fordeles utover tiden for å få kamera til å bevege seg rundt konstruksjonen. Det er også mulig å legge ved fremdriftsplanen og løpende kostnader i animasjonsvinduet for å skape et helhetlig overblikk over prosjektet i en animasjon.

Synchrono PRO oppleves som et godt alternativ til gjennomførelse av 4D-planlegging, der den generelle bruken blir forståelig etter kort tid, mens det trengs erfaring for å kunne utnytte alle programmets funksjoner til det fulle. Noen funksjoner kan til en viss grad virke som unødvendige, men det kan også være at det er undertegnede som bare ikke klarer å se nytten i bruken. Alt i alt kan alle interessenter dra nytte av bruken av Synchrono, om det så kun blir gjennom enkel visualisering av byggeprosessen.

### **4.3. Fremtiden innen 4D-planlegging**

Fremtiden innen 4D-planlegging er det ingen som vet med sikkerhet hva kommer til å bli. Å skape et åpent format som kan importeres til programmer uten dyre lisenser er noe som trengs for at bruken skal kunne implementeres inn i selv de minste bedrifter. For at bruken av 4D skal kunne bli utnyttet til det fulle trengs nettopp det, at selv de minste aktører har kontroll over bruken. I Veidekke startet implementeringen av Synchrono i 2015, og siden den tid har bruken raskt spredd seg. I en intern spørreundersøkelse kommer det frem at 63% av kandidatene har hørt om 4D og ser nytten og potensialet, uten å selv ha noen erfaring [30]. At så mange medarbeidere er positive og ser nytten av 4D uten å selv ha erfaring, tyder på at det er et stort potensial for en god implementering fremover.

Den største forventningen til fremtidens 4D-planlegging fra intervjuobjekter er en bedre automatisering av koblingsprosessene som vil føre til besparelser av mye tid og penger. Disse besparelsene vil ikke bare komme gjennom fjerning av det manuelle arbeidet, men også at det kan forhindre menneskelige feil i prosessen. Alle av intervjuobjektene med erfaring med

Synchro har til nå gjort denne koblingsprosessen manuelt, men ser som nevnt for seg at det i fremtiden blir mye mer automatisk sammenkobling. For at dette skal oppnås nevnes det at det må skapes mye bedre samarbeid med de som lager 3D-modellene tidlig i planleggingsfasen. Dette krever at modellen blir lagd med standardiserte metadata som gjør at alle kjente objekter i modellen kan kobles opp mot aktiviteter i fremdriftsplanen.

Vegger, hulldekker, grunnmur, stål, fasadeelementer, vinduer og dører kan alle bli automatisk koblet opp på rett sted til rett tid i modellen dersom det blir brukt standardiserte detaljer fra start av. Det vil da etter oppkoblingen kun stå igjen ukjente elementer og elementer som ikke har blitt tatt hensyn til enda, og kan hjelpe planleggeren med å konsentrere seg om de aspektene ved bygget som er ukjente. Denne automatikken kan føre til mye tid spart av arbeid rundt modellen, men krever altså et visst detaljnivå fra modell og fremdriftsplanen fra start for å faktisk forbedre prosessen. Dersom det automatiske arbeidet gjennomføres skikkelig kan det også føre til at det tidligere blir mindre misforståelser og usikkerheter rundt planen.

En videre utvikling av en standardisert IP-mal til bruk under alle prosjekter, vil om noen år føre til at de fleste involverte vil kunne koordinere arbeidet i Synchro tidlig i prosjektet. Norsk standard for BIM-objekter blir nok også da videreutviklet med en detaljgrad med hensyn til en mer automatisert 4D prosess. Det kan da sees for seg at prosessen for å starte 4D-planlegging blir å importere modellfiler, og at en foreslått sammenkoblet 4D-fremdriftsplan automatisk blir skapt ut ifra standarden. Det er da tenkelig at modellen kun må kontrolleres før den er klar for diskusjon og endringer i videre planleggingsmøter.

Planlegging av fremdriften med utgangspunkt i 3D-modellen er en annen mulighet som blir nevnt som fremtiden. Der modellen blir plukket fra hverandre i den rekkefølgen arbeidet utføres for så å danne en fremdriftsplan i denne rekkefølgen. Det vil da bli mulig å se hvilke deler av bygget som har blitt planlagt, og hvilke deler som er blitt oversett. For at denne planleggingsmetoden skal være mulig forutsettes det derimot at 3D-modellen er komplett og korrekt før fremdriftsplanen påbegynnes. Å ha en komplett 3D-modell før fremdriftsplanen er påbegynt kan sees på som den største utfordringen, ettersom det krever mye tettere samarbeid mellom alle aktører og de som lager modellene.

#### 4.4. Implementering av 4D-planlegging i Veidekke

For å optimalisere bruken av 4D-planlegging er det viktig at alle aktører samarbeider for å få en fullstendig modell. Gjennom en involverende planlegging fremgang er det muligheter for nettopp dette. Alle involverte fag er med på planlegging av arbeidet som skal gjøres, noe som fører til positive sider begge veier. Modellen blir korrekt satt opp og planlagt, men kan igjen hjelpe til underveis i planleggingen til å vise dersom det er noen aktiviteter som har blitt glemt, ikke kan bli gjennomført eller kan gjøres på en mer effektiv måte.

Ved å implementere 4D-planlegging i en Involverende planleggings metodikk kan det skapes fordeler for en mer effektiv implementeringsfase, men også under bruk av den nye planleggingsmetoden etter den er blitt fullt implementert. Hovedfokuset til Involverende planlegging er å fjerne den uproduktive og motproduktive tiden. I teorien har Veidekke da presentert syv forutsetninger for at en aktivitet skal bli definert som sunn, med andre ord en produktiv aktivitet;

**Forutgående aktivitet** – For at en aktivitet skal kunne påbegynnes, stilles det krav om at forutgående aktivitet skal være helt avsluttet og ha riktig kvalitet. Ved bruk av den visuelle fremvisningen en 4D-modell kan gi av byggeprosessen skapes det en bedre forståelse fra aktører om aktiviteter. Denne forståelsen går på at involverte ikke bare ser for seg eget arbeid, men også hvordan dette arbeidet påvirker andre aktører og generelt arbeidsprosessen. Ved å vite omfanget av hvordan ditt arbeid påvirker andre, motiveres aktører til å oftere levere arbeid på tid og i den kvalitet det stilles.

Bruken av Synchro SITE skaper god oversikt over hvordan en aktivitet ligger i forhold til planen, og vil med det hjelpe til med å tidlig kunne rapportere at en aktivitet ligger bak skjema og må prioriteres. Fordelen ved bruk av Synchro SITE her i forhold til tidligere rapportering er effektiviteten som oppstår gjennom at endringene automatisk blir lagt inn i systemet inn i systemet og kan derfor raskere bli diskutert og funnet en løsning på problemet. Tidligere har dette arbeidet blitt gjort manuelt ved å skrive en avviksmelding for så å sende inn, noe som i lengden tar opp mye tid.

**Informasjon** – For at en aktivitet skal bli sunn er det viktig at alt av tegninger og informasjon er tilgjengelig og ivaretar kvalitet, helse og sikkerhet. Bruken av utdatert informasjon har vært et problem i mange år, der omarbeid grunnet utdaterte tegninger har ført til motproduktivt arbeid. For å forhindre at utdatert informasjon er ute på byggeplassen er bruken av Synchro SITE og Viewer et godt verktøy. Ved å ha BIM-kiosker ute på byggeplass med konstant oppdatert modell og tegninger, har aktørene ingenting å skylde på dersom det fortsatt blir gjort arbeid som er endret. Ved fremvisning av modell i bas- og driftsmøter, men også i morgenmøter, skapes det en god forståelse av hva som er endret og hvorfor.

Helse og sikkerhet har alltid vært en prioritet hos Veidekke, og kan til tider føre til uproduktivt arbeid. Det er derfor viktig å ha en godt planlagt fremdriftsplan, som viser mulige risikoer og hvordan disse risikoene kan forhindres. Dette kan også bli lettere fremvist i Synchro, der informasjon om aktiviteter med faremomenter enklere kan bli presentert visuelt.

**Materiale** – Materiale av rett kvalitet og mengde må være tilgjengelig på byggeplass til enhver tid, for at det ikke skal oppstå uproduktiv tid på arbeidsplassen. Ved bruken av 4D-planlegging kan forebygging av materiale mangel oppnås ved at det kan bli lettere å bestille varer underveis. Ved å kunne se hvordan byggeplassen kommer til å se ut om 2-4 uker og hvor langt forskjellige aktiviteter har kommet, kan det lettere planlegges hvordan leveranser skal komme til og hvor de forskjellige aktører har plass til lagring av materialer. Dette kan også føre til at mellomlagringsstadiet av materialer fjernes, og hindrer bruk av unødvendig plass og arbeid.

**Mannskap** – Mannskap må ha riktig kompetanse og kapasitet. Det er her den generelt bedre forståelsen av prosjektet kommer inn. De fleste på arbeidsplassen burde ha kontroll over hva de selv skal gjøre de neste ukene og hvordan dette skal oppnås på best mulig måte, men det er vanlig at aktører kun tenker på sitt eget arbeid og ikke på prosjektets helhet. Dette er noe som kan komme gjennom den enkle visualiseringen av byggeprosessen. Ved å for eksempel ha BIM-kiosker tilgjengelig ute på byggeplass der arbeidere kan gå inn og se hvordan prosjektet i sin helhet skal gå fremover de neste ukene, kan det hjelpe med å motivere mannskapet til å oppnå sitt arbeid på best mulig måte. Det å ha forståelse for hvordan resten av prosjektet er avhengig av at du får ferdigstilt ditt arbeid på tid kan skape en ansvarsfølelse hos de fleste.



Denne ansvarsfølelsen kan fungere som en motivator for medarbeidere for å jobbe mot et mål, der de ikke ønsker å forhindre fremdriften til resten av prosjektet.

Det er også mulighet for å anskaffe bedre kontroll over kapasiteten av mannskap underveis ved bruk av Synchro. Der er det mulig å legge inn alt av personale som er med underveis i prosjektet og hvilken bedrift de tilhører. Disse arbeiderene kan deretter fordeles til den aktiviteten de arbeider med, og kan derfra bli sendt rapporter fra kvalitetssikrings-runder dersom de er satt opp under den rapporterte aktiviteten.

**Utstyr** – Sikkerhetsutstyr og utstyr for å utføre aktiviteten må være tilgjengelig for å utføre en sunn aktivitet. Utstyret må være effektivt, sikkert og lite belastende. Kontroll over utstyr kan fremvises i Synchro ved å legge til 3D-objekter, som kan brukes til å kontrollere utstyr som for eksempel kranoversikt. Bruken av og fordelingen av kranarbeid kan til tider underdrives eller overdrives. Fordeling av hvilke kraner som arbeider hvor til enhver tid vil kunne føre til bedre planlegging av plassering av kraner ettersom det blir lettere å se hvordan byggeplassen vil se ut etter hvert som tiden går.

**Plass** – Arbeidssted og område rundt må være ryddet og klargjort for at en aktivitet skal kunne gjennomføres best mulig. Alt av sikkerhetstiltak må også være på plass for at det ikke skal bli gjennomført arbeid i et risikofylt område. Fordelingen av arbeidsområde har blitt diskutert tidligere som en stor fordel som kommer ved bruken av 4D-planlegging i Synchro. Arbeidsområder kan fordeles og kobles til aktiviteter, men også risikoområder der farlig arbeid utføres kan lett bli presentert i programmet.

**Yter forhold** – Godkjenninger og tillatelser må være gitt for at arbeidet skal kunne påbegynnes og gjennomføres. Dette punktet blir ikke påvirket ved bruk av 4D, men må nevnes som et viktig punkt for å oppnå en sunn aktivitet.

Møtestruktur og arbeidsfordeling er også viktige punkter i involverende planlegging som passer godt inn i gjennomføringen av 4D-planlegging. Ved at operative planer gjennomgås ukentlig, blir det lettere å holde en oppdatert 4D-plan som kan brukes som et verktøy videre i møtene. Arbeidsfordelingen i tid fører til at det konstant skal være kontroll over prosjektet opp til 9 uker

fremover, og her kan fremvisningen av en filtrert modell være behjelpelig for å forklare utkikksplan, ukeplan og lagsplan.

For at arbeid i Synchro skal gå enkelt for seg, har Veidekke laget en IP-mal som kan brukes for å redusere arbeid med å definere utseende profiler, forskjellige filtre, kalender og et generelt fast grafisk brukergrensesnitt. Bruken av en slik mal vil gjøre det være mye lettere å inkludere aktører i senere prosjekter, ved at det blir et standardisert oppsett, og derfor ikke altfor store endringer fra tidligere prosjekt. En mal skal bli utarbeidet med grunnlag i velkjent metodikk og kvalitetssikkerhet, noe som fører til at man slipper å gjøre feil som har blitt gjort før. Ved bruk av erfaringer fra andre prosjekter bør malen derfor bli oppdatert og til slutt oppnå et lett gjenkjennelig brukergrensesnitt med fellestrekk fra prosjekt til prosjekt. Ved å ha en intuitiv og gjenkjennelig mal kan tid og penger spares for de som arbeider med modellen samt alle som skal forstå den.

Oppskriften til Brad Hardin [23] presentert i kapittel 2.8 for en vellykket implementeringsfase av BIM gjelder like mye med 4D i dag som den gjorde med generell BIM og 3D for snart 10 år siden;

En BIM-koordinator som går i front for implementeringen er viktig. Denne personen blir ansvarlig for å være pådrivende for at implementeringen går fremover, ved å konstant bli opplært i ny programvare. Ut ifra sin opplæring og erfaring kan BIM-koordinatoren utforske nytten og mulighetene ved bruk av nye programvarer og funksjoner, for å så videreformidle denne kunnskapen til resten av bedriften. BIM-koordinatoren bør ikke ha eneansvar for bruken av programvare i et prosjekt, men heller fungere som en rådgiver underveis i prosjekter. Optimalt sett så bør alle aktører ned til BAS-nivå ha en generell oversikt over bruken av Synchro, med muligheten for å endre en modell og bruke verktøyet aktivt i planleggingsprosessen. Eventuelt så kan BIM-koordinatoren være med tidlig i prosjektet der det blir hjulpet med å sette opp 4D-modellen best mulig, men at utover i prosjektet så er hovedansvaret på prosjektleder til å styre bruken av modellen i møter. Som Hardin nevner er det en mulighet å starte en egen avdeling for arbeid rundt BIM, men i starten er det viktigste å sørge for at ikke BIM-koordinatoren er den eneste med kunnskap om den nye programvaren.

Det anbefales videre å lage en plan over hvilke mål bedriften har til bruken i fremtiden. Start med å skaffe oversikt over hvor mye bedriften er villig til å investere for få en rask og effektiv implementering. En implementeringsplan bør bestå av hvilke programvarer som ønskes å tas i bruk, i hvilken grad den nye metoden skal bli brukt og over hvor lang tid bedriften forventer at det skal gå før effekten av implementeringen skal merkes. Dette gjør det lettere å planlegge milepæler i overgangen, og vise hva som trengs av tid og kost. Det anbefales her å starte i det små for å sørge for at flest mulig involverte er med på hva som skal skje fremover og har en generell forståelse over hvordan det skal foregå. Ideen er at personer bør starte med bruk av nye programvaren så fort som mulig etter opplæring for at de ikke skal glemme hva de har lært. Hardin nevner også muligheten til å skape ressurser, som for eksempel interne opplæringsforedrag, eller opplæringsvideoer som kan brukes til å holde flest mulig oppdatert underveis. Disse ressursene vil også hjelpe med å opprettholde en standardisert fremgangsmåte på arbeid rundt modellen.

Til slutt er det viktig å være fleksibel underveis i implementeringen. Fleksibel til å endre planen etter hvert som det kommer nyere programvare, nyere funksjoner og da nye utfordringer. Gjennom en sakte og grundig implementering, der bedriften har en bestemt plan for hva de ønsker å oppnå, kan misforståelser reduseres drastisk og det vil i det lange løp føre til en mye bedre implementeringsfase.

## 5. KONKLUSJON

Hensikten med denne masteroppgaven har vært å beskrive hvilke muligheter og risiker som vil påvirke arbeidsproduktiviteten ved implementering av 4D-planlegging i større utbyggingsprosjekter med en involverende planlegging metodikk. Dette har blitt forsøkt å besvare gjennom dokumentgjennomgang, intervjuer med nøkkelpersoner og casestudier for å få en forståelse for hvordan arbeidet rundt 4D gjennomføres i praksis. Det har også blitt undersøkt hvordan dette arbeidet eventuelt kan forbedres i fremtiden, og hvordan dette kan oppnås. Det har deretter blitt presentert og diskutert resultater med bakgrunn i gjennomført arbeid for å besvare problemstillingen;

**«Hvilke muligheter og risiker vil påvirke arbeidsproduktiviteten ved å implementere 4D i større utbyggingsprosjekter?»**

Den største mulige fordelen som oppleves ved bruk av 4D er en bedre helhetlig forståelse av prosjektet, som tenkes at kan føre til bedre kommunikasjon og beslutningsvilje av aktører tidligere i planleggingsprosessen. Den visuelle formidlingen av fremdriften ved bruk av modell i møter og på byggeplass vil spesielt hjelpe medarbeidere med lite erfaring innen planlegging med å forstå fremdriften i prosjektet, og vil hjelpe med å sikre prosjektgjennomføringen. God kommunikasjon og beslutningsvilje er essensielt for å sikre fremdriften tidlig i et prosjekt, og gir muligheten til å raskere løse misforståelser mellom aktører. Ved at problemer kan bli oppdaget under planlegging og ikke mens arbeid pågår på byggeplass, kan tverrfaglig arbeid lettere planlegges, og vil hindre uproduktiv tid under utførelsen. Denne tidligere forståelsen av hele prosjektet gir også anledning for å motivere medarbeidere, ved at de anskaffer en bedre forståelse av sitt bidrag til prosjektets helhet.

Fremdriftsplanen kan gjennom bruk av 4D-modellen sikres ved at hele bygget blir tatt hensyn til i koblingsprosessen, og kan derfor brukes som et hjelpemiddel til å konkludere om fremdriftsplanen er gjennomførbar eller ikke. Muligheten for å visualisere tid-rom konflikter på byggeplassen flere uker frem i tid påpekes som et annen stor fordel, der både arbeid og logistikk enklere kan planlegges på tvers av fag.

Det må i midlertidig bli tatt hensyn til at ikke alle har lik erfaring innen bruk av digitale verktøy, og gevinsten begrenses derfor av brukerens kompetanse. Arbeidet rundt den nye planleggingsmetoden bør derfor ikke gjøres for avansert til å starte med, der den største utfordringen blir å sørge for at alle blir med på den nye planleggingsmetoden, og ingen faller av. Arbeidet rundt en 4D-modell i praksis består til dags dato av mye manuelt arbeid, der elementer og aktiviteter må kobles sammen og tildeles utseendeprofiler og filtre for å oppnå et godt visuelt overblikk. Dette arbeidet kan oppleves som tidskrevende og krever et godt samarbeid mellom alle aktører for å oppnå resultater, men erfaringer viser at arbeidet lønner seg senere i prosjektgjennomføringen. Det er derimot store forventninger til hvordan dette arbeidet blir i fremtiden, der arbeidet ønskes å bli mye mer automatisert. Menneskelige feil blir da drastisk redusert, og tid trengs kun å bli brukt på å kontrollere det genererte produktet før det kan brukes til videre planlegging.

Implementeringen av 4D-planlegging i Veidekke Arendal anbefales med bakgrunn i de beskrevne faktorer på det sterkeste. Det anbefales å starte i det små med å ha noen prøveprosjekter, for at flest mulig medarbeidere skal anskaffe den generelle forståelsen av mulighetene ved planleggingsprosessen. Det bør deretter ikke gå for lenge før de nylig opplærte selv prøver å iverksette et prøveprosjekt. En BIM-koordinator bør være behjelpelig i starten av prosjektet, men det tenkes at prosjektlederen bør ha hovedansvar for bruken av modellen gjennom hele prosjektgjennomføringen for å oppnå best mulig kontroll.

## 6. VIDERE ARBEID

Ettersom 4D-planlegging er et såpass nytt tema for mange, har det vært et begrenset antall intervju kandidater. Selv om kandidater med erfaring for det meste hadde lik erfaring, betyr det ikke at denne oppfatningen er lik for alle. Denne oppgavens konklusjon kommer av undertegnede erfaring fra eget arbeid og medarbeideres erfaring, men det er fortsatt mye arbeid som må gjøres for å finne den beste løsningen. Det anbefales derfor å fortsette å intervju medarbeidere om deres erfaring etter hvert som implementeringsfasen utvikler seg.

Undertegnede erfaring med arbeid rundt Synchro og dets funksjoner har for det meste vært av råbygg fasen, og oppleves veldig positivt. Det er derimot interessant å undersøke videre hvordan aktører uten tidligere erfaring med slik programvare vil oppleve arbeidet videre i prosjektet, i utføringsfasen og overleveringsfasen.

Videre anbefales det å jobbe mot standardiserte maler og standarder, for å oppfylle forventningene om en mer automatisert prosess i fremtiden. Veidekke har allerede startet med utviklingen av en IP-mal, og i kombinasjon med standardiserte metadata er det et stort potensial i arbeidet rundt 4D i årene fremover.

## 7. REFERANSER

- [1] SSB, «SSB,» 19 januar 2018. [Internett]. Available: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivitsfall-i-bygg-og-anlegg>.
  
- [2] N. Olsson, Praktisk rapportskrivning, Trondheim: Tapir Akademiske Forlag, 2011.
  
- [3] K. Fangen, «Etikkom,» 17 Juni 2015. [Internett]. Available: <https://www.etikkom.no/FBIB/Introduksjon/Metoder-og-tilnarminger/Kvalitativ-metode/>.
  
- [4] A. K. Larsen, En enklere metode, Fagbokforlaget, 2007.
  
- [5] E. Befring, «Etikkom,» 27 April 2015. [Internett]. Available: <https://www.etikkom.no/FBIB/Introduksjon/Metoder-og-tilnarminger/Kvantitativ-metode/>.
  
- [6] K. Sander, «Estudie,» 20 Juni 2017. [Internett]. Available: <https://estudie.no/induktiv-deduktiv/>.
  
- [7] K. Sander, «eStudie,» 22 februar 2018. [Internett]. Available: <https://estudie.no/reliabilitet/>.
  
- [8] K. Sander, «eStudie,» 22 februar 2018. [Internett]. Available: <https://estudie.no/validitet/>.

- [9] T. Grenness, Hvordan kan du vite om noe er sant?, 2012.
- [10] P. Repstad, Mellom nærhet og distanse: kvalitative metoder i samfunnsfag, 2007.
- [11] SNL, «Case-Studie,» SNL, 20 2 2018. [Internett]. Available: <https://snl.no/case-studie>. [Funnet 16 3 2018].
- [12] P. D. Gardiner, Project Management: A strategic planning approach, Palgrave MacMillan, 2005.
- [13] B. T. Kalsaas, Lean Construction, Trondheim: Fagbokforlaget, 2017.
- [14] Bygg.no, «Veidekke vant Byggenæringens Innovasjonspris,» 14 10 2015. [Internett]. Available: <http://www.bygg.no/article/1251220>.
- [15] Veidekke, «Veidekke,» 14 februar 2018. [Internett]. Available: <http://veidekke.no/om-oss/kompetanse/article8308.ece>.
- [16] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks og K. Liston, BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors, John Wiley & Sons, 2011.
- [17] BuildingSMART, Construction the business case: Building information modelling, London: British Standards Institution, 2010.
- [18] buildingSMART, «Hva er åpenBIM,» [Internett]. Available: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim>. [Funnet 2018].



- [19] buildingSMART, «buildingSMART Datamodell,» 6 februar 2018. [Internett]. Available: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-datamodell>.
- [20] buildingSMART, «buildingSMART Dataordbok,» 6 februar 2018. [Internett]. Available: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-dataordbok>.
- [21] buildingSMART, «buildingSMART Prosess,» 6 februar 2018. [Internett]. Available: <https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-prosess>.
- [22] P. R. M. C. Ratnayake, Forfatter, *Lean Principles/Concepts for 'construction' and/or 'Manufacturing' Processes related knowledge and office work*. [Performance]. 2018.
- [23] B. Hardin, BIM and Construction Management, Indianapolis: Wiley Publishing, 2009.
- [24] Architecturalevangelist. [Internett]. Available: <http://www.architecturalevangelist.com/building-information-modeling/4d-bim-modeling-improve-cost-scheduling-and-coordination-of-building-project-2.html>.
- [25] J. Tulke og J. Hanff, 4D Construction sequece planning - new process and data model, 2007.
- [26] S. Dengenis, «4D Construction: What You Need to Know,» 2016. [Internett]. Available: <https://thebimhub.com/2016/06/27/4d-construction-what-you-need-to-know/#.WoFnNKjiZPY>.
- [27] I. Sundfør, Grethes hus for Synchro - Bok 1 Framdriftsplanlegging, Grethes Hus, 2017.
- [28] I. Sundfør, Grethes hus for Synchro - Bok 2, 4D BIM, Grethes Hus, 2017.

[29] Synchro, «Help Center,» [Internett]. Available: <https://www.synchro ltd.com/services-training/help-center/>.

[30] E. Kristensen, «BIM Spørreskjema,» Veidekke AS, 2018.

[31] Tvedestrand kommune, «Tvedestrand kommune,» 2 februar 2018. [Internett]. Available: <http://www.tvedestrand.kommune.no/aktuelt/aktuelt/signerte-kontrakt-om-ny-skole-og-idrettsanlegg-i-tvedestrand.46668.aspx>.

[32] D.-J. Saltnes, «estate,» 2016. [Internett]. Available: <http://www.estatenyheter.no/2016/02/10/gigantprosjekt-pa-storo/>.

[33] J. B. Selmar, «Synchro presentasjon,» Veidekke, Oslo, 2018.

[34] A. Basu, «4D Scheduling - A case study,» 2007.



## 8. VEDLEGG

### Intervjuguide

#### Ikke erfaring med 4D

1. Hvilke rolle og ansvar har du på arbeidsplassen?
2. Hvilken type fremdriftsplanlegging bruker du oftest i dine prosjekter?
3. Har du hørt om 4D-fremdriftsplanlegging?
4. Hva tenker du om det som fremtidig planleggingsmetode?
5. Hvor godt kjenner du til Veidekkes strategi om bruk av BIM?
6. Hva tenker du om Veidekkes planer om bruk av BIM og 4D i fremtiden?
7. Hvilke hinder(fallgruve) ser du for deg stopper implementeringen av BIM(4D)?
8. Hvordan opplever du bruken - kompleks eller enkelt å bruke?
9. Hvor stor rolle ser du for deg 4D utgjør i byggebransjen i fremtiden?
10. Hvilke fordeler og ulemper ser du for deg forekommer av implementering av 4D?
  - Salg/markedsføring
  - Planlegging
  - Effektivisering (kost/tid/logistikk)
11. Hvilke faktorer mener du er viktig i en effektiv prosess, hva kan eventuelt forenkle ditt arbeid?
12. Hva tror du årsaken til at produktivitet i byggenæringen har økt lite de siste år i forhold til andre bransjer?
13. Hvilken effekt tror du 4D-planlegging kan ha på
  - Effektivitet (kost/tid/logistikk)
  - Kommunikasjon
  - Feil
  - Forutsigbarhet
  - Møter

## BIM ansvarlig, erfaring med BIM og 4D

1. Hvilken rolle har du på arbeidsplassen, og hvor mye erfaring har du med 4D og BIM?
  - a. Hvilke funksjoner har du erfaring med?
    - i. Visualisering
    - ii. Planlegging
    - iii. Mer?
2. Hvorfor tror du det har tatt såpass lang tid for BIM og 4D å bli implementert i bygg- og anleggsbransjen?
3. Tror du forventningene til BIM (4D) i fremtiden er urealistiske? Eventuelt hvorfor?
4. Tror du forventningene til BIM (4D) i fremtiden er urealistiske? Eventuelt hvorfor?
5. Hvilke hinder(fallgruve) ser du for deg stopper implementeringen av BIM(4D)?
6. Hvordan opplever du bruken - kompleks eller enkelt å bruke?
7. Hvor mye erfaring har du til bruken av 4D?
8. Hvor stor del av og innenfor hvilke prosjektfaser ser du for deg bruken av 4D gjør i fremtiden?
9. Hva tenker du om 4D visualisering i forhold til 4D planlegging?
  - a. Visualisering hjelper til salgs- og markedsføring
  - b. Kan hjelpe med logistisk overblikk over byggeplass dersom det ikke blir store endringer i prosjektet.
  - c. 4D planlegging gjør at du oppdaterer gantt-diagrammet underveis for å holde 4D visualiseringen under hele prosjektet. Mye mer detaljert modell, med alle fag inne.
10. Hvem mener du burde kjenne til bruken av BIM/synchro?
11. Hvem tenker du burde bli inkludert?
12. Hvor godt kjenner du til Veidekkes strategi om bruk av BIM?
13. Hva tenker du om Veidekkes strategi(beslutning) om bruk av BIM i fremtiden?
14. Hva mener du må være med for at Veidekke skal kunne få 4D implementert på en effektiv måte?
15. Hva tror du årsaken til at produktivitet i byggenæringen har økt lite de siste år i forhold til andre bransjer?
16. Hvilken effekt tror du 4D-planlegging har på
  - a. Effektivitet (kost/tid/logistikk)
  - b. Kommunikasjon
  - c. Feil
  - d. Forutsigbarhet
17. Hvilke fordeler mener du 4D fremdriftsplanlegging har på byggeprosessen?
18. Hvilke ulemper mener du 4D fremdriftsplanlegging har på byggeprosessen?
19. Hvilke fordeler tror du fremtidens 4D planlegging vil gi?
20. Hvilke ulemper tror du fremtidens 4D planlegging vil gi?
21. Hvor ofte brukes 4D modellen, og til hvilken grad brukes den?
22. Hva karakteriserer en god 4D-modell?

## Intervju BIM-koordinator Vitaminveien 11 – Johan Brommeland Selmar

1. Hvilken rolle har du på arbeidsplassen, og hvor mye erfaring har du med 4D og BIM?
  - a. Hvilke funksjoner har du erfaring med?
    - i. Visualisering
    - ii. Planlegging
    - iii. Mer?

BIM-koordinator, erfaring med 4D-planlegging

2. Hvorfor tror du det har tatt såpass lang tid for BIM å bli implementert i bygg- og anleggsbransjen?

Mange redde for forandring, vandt med papir og å gjøre ting på sin måte. Unge folk påstår at ting er bedre, uten erfaring til å kunne si det. Mange er redd for det økonomiske, teknologi koster. Hvertfall mye i starten. Lisens, pader, pcer, men papir koster også penger, og tiden det bruker på å oppdatere tegninger og papir koster også penger. Bygge etter feil tegning og må gjøres på nytt. Spar penger ved å kjøpe teknologi som varer lenge.

3. Hvorfor tror du de har tatt såpass lang tid for 4D å bli implementert i bygg- og anleggsbransjen?

Vært brukt programmer som Naviswork tidligere, men mangel på skikkelig programvare.

4. Tror du forventningene til BIM (4D) i fremtiden er urealistiske? Eventuelt hvorfor?

Ikke urealistiske nei. Det kommer til å kun være 4D om 5-10 år. Da planlegger man ikke, alt blir autogenerated. Må alltid gå igjennom å kontrollere. Mye av riggplass. Må kunne koding for å få automatisert, men det blir enda enklere med tid, blir fritt for alle.

5. Hvilke hinder(fallgruve) ser du for deg stopper implementeringen av BIM(4D)?

Ser ingen klare fallgruver, nå planlegger man allerede i MS project. Hvis det samme blir gjort i Synchro, hvis du linker blir det mer visuelt enn planlegging av modell, der tankegangen må snus. Møter nok veggen fordi det ikke er helt som MS project. Linker objekter på en annen måte, blir en vanesak.

6. Hvordan opplever du bruken - kompleks eller enkelt å bruke?

For min del er det greit. Det å prøve å lære det bort på en enkel måte så et ikke er så komplekst. Ser veldig komplekst ut ved første øyekast. Få brukergrensesnitt type apple mobil, enkle

knapper og interface. Lærer seg hurtigknapper og ting går av seg selv etter hvert. Er mange snarveier og forenklinger man ikke har lært seg enda, men foreløpig er det nok.

7. Hvor stor del av og innenfor hvilke prosjektfaser ser du for deg bruken av 4D gjør i fremtiden?

Hele prosjektgjennomføringen

8. Hva tenker du om 4D visualisering i forhold til 4D planlegging?

- a. Visualisering hjelper til salgs- og markedsføring
- b. Kan hjelpe med logistisk overblikk over byggeplass dersom det ikke blir store endringer i prosjektet.
- c. 4D planlegging gjør at du oppdaterer gantt-diagrammet underveis for å holde 4D visualiseringen under hele prosjektet. Mye mer detaljert modell, med alle fag inne.

Visualisering kan brukes til anbud, men full 4D-planlegging under prosjektgjennomføring

9. Hvem mener du burde kjenne til bruken av BIM/synchro?

BIM bør alle på byggeplass kjenne til. Må bygge etter modellen. Synchro burde ned til BAS nivå, alle imellom bør være inkludert.

10. Hvor godt kjenner du til Veidekkes strategi om bruk av BIM?

Spesifikk sier papirfritt, ikke tegningsfritt. Trenger ofte detaljer som sier mer enn modellen kan gjøre. Kan tegne komplekst en detalj, men har ikke alltid behov for det.

Bli kvitt MS project. Fleste distrikt ser veldig til oslo, som satser mye på det. Bør ansette flere, som får generell kunnskap. En på kontor som følger opp flere prosjekt, holder kurs, lager strategi. Ha noen som er ute på prosjekter i tillegg for å implementere.

Burde ha en «BIM koordinator» som er på et prosjekt i noen måneder for å få startet prosesser, men at prosjekteringsleder skal holde møter videre, sitte i modell og ta kontrolltester. De som prosjekterer finner ikke alle feil, så må BIM koordinator finne feilen i modell senere og gjøre ting på nytt. Skal ha blitt gjort av prosjekteringsleder fra starten av. Sidemannsopplæring i starten av prosjektet, slik at prosjektet skal gå av seg selv, litt oppfølging.

Best implementering er bedre at alle kan litt en at noen få kan mye. Blir mye lettere i lengden for å få en rask og god implementering. Ikke en person som skal komme å hjelpe alle andre hele tiden.

11. Hvilke faktorer mener du er viktig i en effektiv prosess, hva kan eventuelt forenkles ditt arbeid?

IP metodikken forenkler arbeidet, involvering forenkler arbeid er det viktigste. Må sette noen linjer, men viktig med samarbeid. Automatisering av ting, gjennom modell, scripting eller server løsning. BASer har pad med synchro for enkel og effektiv rapportering, hadde forenklet veldig.

12. Hva tror du årsaken til at produktivitet i byggenæringen har økt lite de siste år i forhold til andre bransjer?

Kommer til å øke veldig de neste årene. Trenger mer automatisering og digitalisering.

13. Hvilken effekt tror du 4D-planlegging kan ha på

- a. Effektivitet (kost/tid/logistikk)
- b. Kommunikasjon
- c. Feil
- d. Forutsigbarhet

Sparer mye tid og kost på forståelse, vet hva de skal gjøre og når de skal være ferdige. Logistikk, ser hvor det er plass å stå, om ting krasjer, bruker mylock. Kunne blitt en funksjon i synchro. Som faresoner, en funksjon som kan planlegge hvor leveranser skal være og komme, leveranseplan. Lagringsplass kommer opp som poster på modellen, viser at plassen er tatt for å lettere ha oversikt.

Byggefeil, fremdriftsfeil, mye kan bli sett tidligere. Kommer an på hvor detaljert planen er, gjør det lettere å finne feil

14. Hvilke fordeler mener du 4D fremdriftsplanlegging har på byggeprosessen?

Klarer å planlegge mye bedre. Gnu inn mye tid og mye informasjon. Ved sone så ser du hvor du ikke jobber, hvor kan du jobbe tidligere. Største fordel med 4D er punktene du ikke jobber, der kan du jobbe nå korter ned planen.

15. Hvilke ulemper mener du 4D fremdriftsplanlegging har på byggeprosessen?

Deler planen med flere, mange som ikke vil dele, krever at du har mer detaljert plan tidligere.

16. Hvordan funksjoner mener du mangler i dagens programvarer?

21. Hvordan ser du for deg fremtidens programvare kommer til/burde være?

- a. Lage fremdriftsplan rundt modell?



- b. Mer automatisering?
- c. Andre funksjoner?

Importere, trykk analyser, alt er linka og ferdig bare kontrollsjekk igjen. Får flere alternativer. Kostnad må bare ikke bli tungvint som nå, så blir det også stort. Få det automatisering. 5D er neste punkt. Vil du dele all kost med alle, burde holdes for deg selv, passe på hvem som har rettighet til hva.

17. Hvilke fordeler tror du fremtidens 4D planlegging vil gi?

Får autogenererte planer, sparer veldig mye tid. Mindre menneskelige feil. Slipper mye kommunikasjonsfeil. Krever mer av de som tegner, men dersom de har en standard navngivning osv så vil det spare mye tid gjennom automatisering. Norsk standard BIM navn. Lettere å kontrollere utført arbeid. Bruke mobil til å scanne rommet, åpne modell, georeferere, ser hvor ting er og om det er gjort skikkelig. Alle kan gjøre det. Dalux. Viser alle mål og posisjoner osv. dersom noe må gjøres om, skanner du bare rør med riktig og ny plassering, for så å sende inn hvordan det har blitt gjort på ny.

18. Hvilke ulemper tror du fremtidens 4D planlegging vil gi?

Ingen

19. Hvor ofte brukes 4D modellen, og til hvilken grad brukes den?

Foreløpig som en bonus i møter, bør bli mer

20. Hva karakteriserer en god 4D-modell?

En god 4D modell er en fremdriftsplan som er lett å forstå. For alle. Hvis du finner feil har du lagd en god plan og en god modell. Det kan ikke finnes i andre programmer. Spesielt i råbyggfase, tar ikke så mye tid, lett å få en god 4D modell. Når alt av rør, vent og el kommer inn blir det vanskeligere.

21. Hvordan går du frem for når du skal lage en 4D modell/plan

1. Hvilken rolle har du på arbeidsplassen, og hvor mye erfaring har du med 4D og BIM?

- a. Hvilke funksjoner har du erfaring med?
  - i. Visualisering
  - ii. Planlegging
  - iii. Mer?

Jobber i dag som ingeniør på vdc avdeling. Rollen er fremdriftsplanlegging og 4/5D . Også bim-koordinator. Vi begynte med 4/5D i fjor høst. Jeg har sittet mye med det i litt over et halvt år. Har bare jobbet som ingeniør i 1 år.

2. Hvorfor tror du det har tatt såpass lang tid for BIM å bli implementert i bygg- og anleggsbransjen?

Mye om holdninger og hva du er vant med. Mange som ikke har kontroll og forstår seg på det, og ser derfor ikke nytte i det.

3. Hvorfor tror du de har tatt såpass lang tid for 4D å bli implementert i bygg- og anleggsbransjen?

Naviswork fungerte frem til jeg møtte synchro. Når det kommer i et enkelt format som film, er det et kraftig verktøy for å vise. Et problem på arbeidsplass er språk og kommunikasjon, og noe så enkelt som en film hjelper da på forståelsen for de fleste.

4. Tror du forventningene til BIM (4D) i fremtiden er urealistiske? Eventuelt hvorfor?

På sikt så tror jeg det kan bli det folk ønsker. Synchro oppfyller mange av kravene, det tar bare lang tid å komme seg inn i det. Mange funksjoner tar lang tid og koster derfor mye penger, det tar lang tid å få kontroll på det. Jeg tror folk får tilfredsstilt det behovet de har gjennom verktøyet. Mulighetene ligger er, det handler bare om hvor mye informasjon man putter inn i modellen.

5. Hvilke hinder(fallgruve) ser du for deg stopper implementeringen av BIM(4D)?

Ref.2. Man ser veldig raskt om ting kan gjøres/ikke gjøres. Alt blir mye mer synlig. Teknologi og det å ha satsing på det. Folk må være med på det som skjer for å få en fremgang.

6. Hvordan opplever du bruken - kompleks eller enkelt å bruke?

Grei når man får litt erfaring

7. Hvor stor del av og innenfor hvilke prosjektfaser ser du for deg bruken av 4D gjør i fremtiden?

Vi tenker full implementering. Både prosjekteringledelse og prosjekteringstyring. Møtedatoer og leveranseplaner alt i sammen helt frem til bygget er ferdig.

Så lenge man har verktøyene i orden og ting i orden(mal). Mulig å bruke ned til ganske små prosjektnivåer, så lenge ting er strukturert. Dersom man starter fra scratch, burde prosjektet har litt størrelse for å ikke ta for lang tid for at kost/nytte verdi skal gå opp.

8. Hva tenker du om 4D visualisering i forhold til 4D planlegging?
- Visualisering hjelper til salgs- og markedsføring
  - Kan hjelpe med logistisk overblikk over byggeplass dersom det ikke blir store endringer i prosjektet.
  - 4D planlegging gjør at du oppdaterer gantt-diagrammet underveis for å holde 4D visualiseringen under hele prosjektet. Mye mer detaljert modell, med alle fag inne.

Det henger litt i sammen, mange av problemene ser man gjennom visualiseringen. 4D planlegging kan brukes i grov form uten veldig stor visualisering. Det ka brukes i små prosjekter. Gjøre det enkelt og greit, ikke hollywood.

9. Hvem mener du burde kjenne til bruken av BIM/synchro?

Alle. Prosjektleder og gruppeleder burde kjenne til bruken. Må kunne spille modell, ta snitt og vise godt. Er du fremdriftsplanlegger burde du kunne det. Mellomledernivå. Alle bør kunne bruke en BIM-kiosk

10. Hvilke faktorer mener du er viktig i en effektiv prosess, hva kan eventuelt forenkle ditt arbeid?

Mal-oppsett. Farlig når det er store variasjoner. Automatching og scripting for å grovsortere en plan. Jeg bruker filter for å sortere. God input, ha strukturert hva som skal inn i modellen. De prosjekterende må levere gode modeller, at man har nok informasjon.

11. Hva tror du årsaken til at produktivitet i byggenæringen har økt lite de siste år i forhold til andre bransjer?

Handler om å sette ting i system. Planlegge, visualisere ting før du står der. Tenk igjennom hva de gjør og skal gjøre. Viktig med 4D å visualisere. Få mer samlebåndsproduksjon. Prosjekttere

100% før man starter å bygge. Har alt klart uten problemer før du starter byggeprosessen. Er nok grunn til at byggebransjen ikke har gått så opp. HMS har også blitt mye strengere. Synchro har mulighet til å sette danger zones, i tidsintervall, bedre hms.

12. Hvilken effekt tror du 4D-planlegging har på

a. Effektivitet (kost/tid/logistikk)

får et forhold, ting blir synlig i form av simulering av prosesser. F.eks en kran som ikke kan stå der det er planlagt. Sparer mye penger. Lettere å se rekkefølgen på aktiviteter. Ting som kan gå parallele. Sparer opptil uker på å kjøre sånne prosesser.

b. Kommunikasjon

på prosjekteringsnivå er det en fin måte å utveksle informasjon. Vise at «sånn har jeg tenkt å gjøre det». Ute på byggeplass under hele prosessen. Alle skjønner en 3d modell og når den blir bygd. Filmen erstatter kommunikasjonsproblemer.

c. Feil

d. Forutsigbarhet

avdekke potensielle feil mye tidligere. Ser at ting ikke går.

13. Hvilke fordeler mener du 4D fremdriftsplanlegging har på byggeprosessen?

forutsigbarehet, reduksjon i tid, parallele prosesser, identifisere parallele ting, kommunikasjon, mindre feil, kollisjonskontroll reduserer mange feil /uforutestte hendelser, når alt kommuniseres gjennom bim skal alt være planlagt, sparer mye feil og hedelser. Mange millioner spart dersom prosjektering var gjort skikkelig.

14. Hvilke ulemper mener du 4D fremdriftsplanlegging har på byggeprosessen?

ser alt, alt må detaljeres. Må gjøres nøyaktig for alt. Kan være det blir funnet feil/mangler som egentlig ikke hadde blitt et stort problem på byggeplass. Blir brukt mer tid på ingeniørarbeid på å løse problemet enn det kunne blitt gjort på byggeplass. Kan bli overdetaljert. Hvordan prosjektene blir valgt. Overdetaivering og gjennomsiktighet kan være fallgruver. Fordeler veier opp for ulempene.

15. Hvordan funksjoner mener du mangler i dagens programvarer?

synchro gjelder det med kostnader. Verktøy for å filtrere informasjon er der, handler om hva du putter inn. Få gode maler og fundamentere bim manualen i prosjektet til utgangspunkt. Synchro sin visualisering ser ikke så veldig bra ut, men det blir nok bedre snart

16. Hvordan ser du for deg fremtidens programvare kommer til/burde være?
- Lage fremdriftsplan rundt modell?
  - Mer automatisering?
  - Andre funksjoner?

Åpent format som snakker md hverandre, tilgjengelig uten dyre lisenser. Synchro er flinke til å ta inn forskjellige promater, og kan eksporteres til mange formater. Automatching, scripting, få inn en mal

17. Hvilke fordeler tror du fremtidens 4D planlegging vil gi?

Ulempen er at noen kan dette av, generasjonsskifte. Bruken av 3D informasjon kommer til å eksplodere, meste er positivt, men folk kan dette av. Blir mer og mer vanlig å trenge modell til dokumentasjon

18. Hvilke ulemper tror du fremtidens 4D planlegging vil gi?

Ingen

19. Hvor ofte brukes 4D modellen, og til hvilken grad brukes den?

Mye i møter, blir mer

20. Hva karakteriserer en god 4D-modell?

God detaljgrad

21. Hvordan går du frem for når du skal lage opp 4D modell/plan

BIM ansvarlig Veidekke Arendal – Ruben Myreng

1. Hvilken rolle har du på arbeidsplassen, og hvor mye erfaring har du med 4D og BIM?
  - a. Hvilke funksjoner har du erfaring med?
    - i. Visualisering
    - ii. Planlegging
    - iii. Mer?

BIM ansvarlig, erfaring med 4d er minimal, men jobber med det. Har sett litt på programvaren Synchro, prøvd å lage modell og kobling mellom elementer, men ikke brukt det i noe prosjekt.

2. Hvorfor tror du det har tatt såpass lang tid for BIM og 4D å bli implementert i bygg- og anleggsbransjen?

Programvare inn 4d har ikke vært godt nok, men nå med synchro som nylig har kommet, så er det nå det begynner å skje ting. Gått veldig opp med BIM mens jeg har jobbet, alt papir skal gå over til digitalt på ipad osv på byggeplass.

3. Hvor godt kjenner du til Veidekkes strategi om bruk av BIM?

Bli mer og mer, en kjerne i hvert prosjekt i veidekke. Bruk av Synchro og 4D er ikke skrevet ned noe sted at skal brukes, så det er bare i teststadiet. Der de som ønsker å ha 4d med i planleggingen kan gjøre det, mye mer brukt i oslo til nå.

4. Hva tenker du om Veidekkes strategi(beslutning) om bruk av BIM i fremtiden?

Veldig greit sånn det er nå, blir bare mer og mer. Satser på at 4d blir basisen i prosjektet, der 4d modellen er det alt skal dreie seg rundt.

5. Hva mener du må være med for at Veidekke skal kunne få 4D implementert på en effektiv måte?

Bedre bim modeller og bedre fremdriftsplaner. Mer detaljert. Legge om hvordan man jobber, alle må være klar over det.

6. Tror du forventningene til BIM (4D) i fremtiden er urealistiske? Eventuelt hvorfor?

Nei, urealistiske er de ikke. Man må bare ha ressurser nok til å utføre det. Fortsatt en del manuell arbeid som må til for å få det til.

7. Hvilke hinder(fallgrube) ser du for deg stopper implementeringen av BIM(4D)?

Frykten for å ta i bruk noe nytt. Hvorfor endre på ting som fungerer. Må ha ett prosjekt som overbeviser for, få de engasjerte og overbevist om at det fungerer.

8. Hvordan opplever du bruken - kompleks eller enkelt å bruke?

Kunnskapen lengre ned i systemet, i drift er for liten på både bim og fremdrift. Må ha noen som tar tak og gjør jobber for å få folk overbevist. Så vil de på sikt bli mer og mer vanlig at prosjektene selv setter opp fremdrift og 4d. de som har eierskap i fremdriftsplan burde ha eierskap i 4d. de som burde lære seg å jobbe med det underveis.

9. Hvor stor del av og innenfor hvilke prosjektfaser ser du for deg bruken av 4D gjør i fremtiden?

Både i prosjektering og driftfasen. Full implementering. Mange bruker 4d til lod fremdrift. Level of development i prosjekteringsfasen for å vise hvilke stadie du er i og hvilke stadie du skal til. Ha en prosjekteringsplan som fremdriftsplan.

10. Hva tenker du om 4D visualisering i forhold til 4D planlegging?

- a. Visualisering hjelper til salgs- og markedsføring
- b. Kan hjelpe med logistisk overblikk over byggeplass dersom det ikke blir store endringer i prosjektet.
- c. 4D planlegging gjør at du oppdaterer gantt-diagrammet underveis for å holde 4D visualiseringen under hele prosjektet. Mye mer detaljert modell, med alle fag inne.

11. Hvem mener du burde kjenne til bruken av BIM/synchro?

Anleggsleder, ikke bim ansvarlig sin jobb, men prosjekt/anleggsledere som skal ha ansvar for å lage og oppdatere underveis i møtene.

12. Hvem tenker du burde bli inkludert?

Vi jobber med IP, alle fag skal være med. Lagsmøter, prosjekteringsmøter, driftsmøter, byggherremøter

13. Hvilken effekt tror du 4D-planlegging har på

- a. Effektivitet (kost/tid/logistikk)  
Spesielt tid og kost optimaliserer en byggeperiode, jobbe flere byggeplasser som du ikke ville sett på en vanlig fremdriftsplan. Og også hms, vil se faremomenter og kan gjør risikovurderinger mye tidligere så det ikke blir stopp i produksjon.
- b. Kommunikasjon

Lettere kommunikasjon med de som utfører jobben, lett å se hva de skal gjøre

- c. Feil
- d. Forutsigbarhet

Driftsleder Veidekke Arendal – Bjørn Rydningen

Prosjektleder/Ikke erfaring med 4D

1. Hvilke rolle og ansvar har du på arbeidsplassen?

Min jobb er driftsansvarlig, drift og planlegging

2. Hvilken type fremdriftsplanlegging bruker du oftest i dine prosjekter?

Hovedsakelig IP, noen ganger må man ta en diktatorrolle for at ting skal gå rundt, men mest IP. Opplevd at folk ikke har tenkt fra starten, og er borte i møter. Kommer på ting når de kommer hjem. Selv når plan er sendt ut, så ser de ikke problemer før driftsmøter. Kan hjelpe med å forstå hva de skal gjøre, men også hva annet som er avhengig av arbeidet.

3. Har du hørt om 4D-fremdriftsplanlegging?

Vet bare det du har vist

4. Hva tenker du om det som fremtidig planleggingsmetode?

Virker som et veldig nyttig verktøy

5. Hvor godt kjenner du til Veidekkes strategi om bruk av BIM?

Har blitt forsøkt mye forskjellig igjennom årene, men har hørt at synchro er det man prøver på nå. Blir litt reservert med tanke på at de har prøvd ting før som har blitt lovprist, men aldri slått helt an. Potensiale i synchro.

6. Hva tenker du om Veidekkes planer om bruk av BIM og 4D i fremtiden?

Vanskelig for de ute uten erfaring. Implementering må ikke gå for raskt, for da faller folk av

7. Hvilke hinder(fallgruve) ser du for deg stopper implementeringen av BIM(4D)?

Modellen må være bra for at det skal gå. Visualiseringen hjelper ikke dersom modellen ikke er helt rett.



8. Hvilke fordeler og ulemper ser du for deg forekommer av implementering av 4D?

fordelen er å vise avhengighetsgraden av forskjellige fag. Utfordring, viktig at folk skjønner at når du kommer i IP møte så må de være aktive til å komme med innspill, og ikke komme senere og tenke at noe var selvsagt.

9. Hvilke faktorer mener du er viktig i en effektiv prosess, hva kan eventuelt forenkle ditt arbeid?

Beslutningsvilje, det kan komme gjennom bedre forståelse av prosjektet. Mange som ikke klarer å bestemme seg fordi det er komplisert eller de ikke helt skjønner problemet og hvordan det påvirker ting.

10. Hva tror du årsaken til at produktivitet i byggenæringen har økt lite de siste år i forhold til andre bransjer?

I byggebransjen må man gjøre fysisk arbeid, være på byggeplassen. Ikke alt som bare kan trykkes på en knapp. Skader har gått ned, mye morgenmøter for å gå igjennom faremomenter som kan skje. Fornuftig bevisstgjøring over hva som skjer. Møtene skaper «eierforhold», personer kan føle at andre avhenger av de, derfor mer motivert til å gjøre en god jobb. Gjennom modell kan det motivere folk hva de skal bygge, vise bare deres egenproduksjon. Kanskje gøyere å bygge.

11. Hvilken effekt tror du 4D-planlegging kan ha på

- Effektivitet (kost/tid/logistikk)
- Kommunikasjon
- Feil
- Forutsigbarhet

Legge alle momenter inn etter møte, sende modell ut så alle aktører kan se igjennom sin del og komme med kommentarer deretter de ser noe senere. Viktig med gratisprogram da. Generell bedre oversikt som gjør mye.

12. Endre planleggingsmøte

Ser for meg at det blir mye lettere å vise hva som skal gjøre og avhengiggrad fort, så det ikke

