

# 4D-verktøy i den norske byggebransjen

4D Software in the Norwegian Construction Industry

**Trondheim Mai 2019**

Julie Ekensteen Bjørnstad  
Line Johansen Bjørhusdal  
Viktoria Louise Westerlund

Intern veileder:  
Robert S. Mortensen

Ekstern veileder:  
Roar Fosse, Skanska Norge AS

Prosjektnr:  
06 - 2019

Rapporten er ÅPEN

© Bjørnstad, Bjørhusdal, Westerlund

År 2019

Tittel: 4D-verktøy i den norske byggebransjen

Forfattere: Julie E. Bjørnstad, Line J. Bjørhusdal og Viktoria L. Westerlund

<http://www.ntnu.no/>

## **Prosjektbeskrivelse og resultatmål**

Prosjektet består av fire hoveddeler; metode og teori, 4D-modellering, empirisk del, og til slutt diskusjon og konklusjon. Gjennom prosjektet skal det belyses tema som fremdriftsplanlegging, BIM, 4D-modellering og en vurdering av et utvalg 4D-verktøy med tanke på funksjoner i forbindelse med prosjektplanlegging og – styring.

Informasjonsinnhenting gjøres ved litteratursøk og dybdeintervju med personer med forskjellig bakgrunn og erfaringer. Ved å involvere og samle informasjon fra flere firma i bransjen oppnås et bredt spekter av hvordan slike programmer benyttes av fagfolk i dag. En slik informasjonsinnhenting og kartlegging er vesentlig for at målet for oppgaven skal oppnås.

Resultatmålet for denne bacheloroppgaven er å levere en analyse som tar for seg brukervennlighet og funksjonsmulighetene til et utvalg 4D-verktøy. Oppgaven utarbeides med et ønske å kunne bidra til å heve kunnskapsnivået om aktuelle verktøy, og gi interessenter et bedre grunnlag ved valg av verktøy.

Stikkord fra prosjektet:

Fremdriftsplanlegging, prosjektstyring, BIM, 4D-verktøy



## Forord

Denne bacheloroppgaven markerer avslutningen på et 3-årig bachelorstudium ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved fakultet for ingeniørvitenskap ved Norges Teknisk-Naturvitenskaplige Universitet, NTNU. Den er utarbeidet våsemesteret 2019, og har en studiebelastning på 20 studiepoeng.

Bacheloroppgaven tar for seg bruk av 4D-verktøy ved fremdriftsplanlegging og fremdriftsstyring, og er skrevet i samarbeid med Skanska Norge AS. Oppgaven fokuserer på å gjøre en vurdering av det som vi anser som de mest aktuelle 4D-verktøyene ut fra kriterier som har blitt definert etter innsamlet teori og dybdeintervju.

Arbeidet med oppgaven har gitt oss bedre innsikt i prosjektplanlegging og -styring både med og uten 4D, og vi tar med oss mye nyttig kunnskap og erfaring videre.

Vi vil først og fremst takke intervjupersonene som har brukt sin tid på å dele sine erfaringer. Videre vil vi gi en stor takk til vår eksterne veileder, Roar Fosse, for all støtte og veiledning i en ellers travel hverdag. Uten hans engasjement, kunnskap og nettverk ville ikke oppgaven vært gjennomførbar. Til slutt ønsker vi å takke vår interne veileder, Robert S. Mortensen, som gjennom hele semesteret har vært tilgjengelig for både små og store spørsmål.

Trondheim 16.mai 2019

*Julie Erensteen Bjørnstad*

Julie E. Bjørnstad

*Line J. Bjørhusdal*

Line J. Bjørhusdal

*Viktorina L. Westerlund*

Viktorina L. Westerlund



## Sammendrag

De siste årene har det vært økt fokus på digitalisering i de fleste bransjer, og byggebransjen er intet unntak. Å sammenkoble fremdriftsplan og 3D-modell har lenge vært kjent som 4D, men bruken har enda ikke fått fotfeste hos den norske byggebransjen. Dette er stort sett på grunn av den krevende ressursbruken som tid, kostnad og bemanning som er nødvendig for å få det til å fungere.

I denne oppgaven er det tatt sikte på å kartlegge fordeler og utfordringer med 4D generelt, for så å identifisere relevante funksjonsmuligheter for 4D-verktøy sett i sammenheng med tradisjonell planlegging og styring. Med dette som utgangspunkt så ble fem ledende 4D-verktøy evaluert: Synchro, Navisworks, Vico Office, VisiLean og ALICE. Målsettingen var å finne ut hvordan de ulike verktøyene kan støtte og forbedre styring- og prosjektplanlegging.

Bacheloroppgaven ble skrevet i samarbeid med Skanska Norge AS, som i dag holder aktivt på med å implementere 4D i deres prosjekter. Bakgrunnen for denne oppgaven var en sterk interesse for bruk av digitale verktøy i byggeprosjekter, og et ønske om å utarbeide en oppgave som kan bidra til økt kunnskap om ulike 4D-verktøy. Det ble gjort en omfattende litteraturstudie for å finne teori om planlegging generelt, BIM og 4D. Deretter ble det gjennomført en rekke dybdeintervjuer med personer som hadde forskjellig bakgrunn og erfaringer. Ut fra denne informasjonen ble det identifisert fordeler og utfordringer med 4D, samt faktorer som la grunnlaget for en vurdering av de ulike verktøyene. For å systematisere sammenligningen ble det tatt utgangspunkt i plannivåene i «Last Planner System» med hovedplan, faseplan, utviklingsplan og ukeplan, i tillegg til oppfølging.

Resultatet viste at 4D-verktøy har et betydelig potensial til å effektivisere bransjen, dersom det implementeres på en hensiktsmessig måte, noe som imidlertid krever ressurser og vilje. Vurderingen av verktøyene viste at alle har ulike forutsetninger med tanke på optimalt bruk i styring- og prosjektplanlegging. Som program er Synchro, Navisworks og Vico Office mer BIM-baserte, og har et sterkt fokus på 3D-funksjonalitetene. ALICE og VisiLean er i motsetning til ovennevnte mer planleggingsrettet, og fokuserer dypere på planleggingsmetodikk. Dette påvirker i stor grad hvordan programmene best kan anvendes, og på hvilke områder de er mest egnet.





## Abstract

Over the past years there has been an increased focus on digitalization in most industries, and the building industry is no exception. A 3D model integrated with a time schedule has long been known as 4D, but the use of this model type has yet to become a common practice in the Norwegian construction industry. This is predominantly due to the amount of resources such as time, cost and personell it demands to make it fully functional.

The intent of this bachelor thesis is to examine the benefits and challenges with 4D modelling in general, and then identify the relevant features for 4D tools in the context of traditional planning and management. In relation to the established intent five different 4D software were evaluated: Synchro, Navisworks, Vico Office, VisiLean and ALICE. The main objective is to figure out how various software tools can support and improve project planning and management.

This thesis is written in collaboration with Skanska Norge AS, which is currently implementing 4D in some of their projects. Our motivation for writing this thesis was a strong interest in digital tools used in construction projects, and an aspiration to produce a thesis that could contribute to increased knowledge of a various 4D tools. A comprehensive literature study has been conducted to substantiate the theory about planning in general, BIM and 4D. Subsequently, in-depth interviews were conducted with people from a broad variety of backgrounds and experiences. Based on this information, it was possible to identify the benefits and challenges regarding 4D, and factors which laid the foundation for the assessment of the various tools. In order to systematize the comparison, the plan levels from the «Last Planner System» has been used such as master plan, phase plan, lookahead plan and weekly work plan, in addition to follow-up.

The result shows that 4D tools has a great potential if implemented appropriately. However, this requires resources and a great deal of will from the people included in the project. The assessment of the different tools shows that they all have different preconditions regarding optimization in project planning and management. Synchro, Naviswork and Vico Office are more BIM-based 4D tools, and therefore more advanced 3D functionalities. In contrast to ALICE and VisiLean which are much more focused on planning methodology. This determines to a large extent how the software can be used, and in which phase of the construction process it is most useful.

# Innholdsfortegnelse

<b>Prosjektbeskrivelse og resultatmål</b> .....	<b>I</b>
<b>Forord</b> .....	<b>II</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>III</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>IV</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b> .....	<b>V</b>
<b>Figurer</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Tabeller/diagrammer</b> .....	<b>IX</b>
<b>Nomenklatur/ Forkortelser/ Symboler</b> .....	<b>X</b>
<b>1 Introduksjon</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Formål og problemstilling .....	2
1.3 Omfang og begrensning.....	2
<b>2 Metode</b> .....	<b>3</b>
2.1 Forskningsmetoder og design .....	3
2.1.1 Deskriptivt, eksplorativt og kausalt design .....	3
2.1.2 Kvalitativ og kvantitativ metode .....	4
2.1.3 Valg av forskningsmetode og design .....	4
2.2 Validitet og reliabilitet.....	5
2.3 Innsamling av data.....	6
2.3.1 Litteraturstudie .....	6
2.3.2 Dybdeintervju .....	6
2.4 Kritikk av egen metode.....	8
2.4.1 Feilkilder litteraturstudier.....	8
2.4.2 Feilkilder intervju .....	9
2.4.3 Feilkilde informasjon om programvare.....	9
<b>3 Teori</b> .....	<b>10</b>
3.1 Planleggingens rolle i byggeprosessen .....	10
3.1.1 Byggeprosessen .....	11
3.1.2 Planleggingstrinn.....	12
3.1.3 Planleggingsnivåer .....	15

3.1.4	Prosjektnedbryting .....	17
3.1.5	Hvorfor fremdriftsplanlegge?.....	18
3.1.6	Fallgruver i forbindelse med fremdriftsplanlegging .....	18
3.2	Planleggingsmetodikk .....	19
3.2.1	Tradisjonell fremdriftsplanlegging.....	19
3.2.2	Nyere fremdriftsplanlegging .....	23
3.2.3	Måling og oppfølging av utført arbeid .....	33
3.2.4	Digitale verktøy for fremdriftsplanlegging .....	36
3.3	Bygningsinformasjonsmodellering.....	38
3.3.1	Hva er BIM?.....	38
3.3.2	Introduksjon til BIM.....	39
3.3.3	Fagmodeller og samlemodeller .....	40
<b>4</b>	<b>4D-modellering .....</b>	<b>41</b>
4.1	4D-modellering.....	41
4.1.1	Definisjon .....	41
4.1.2	Hvorfor implementere tid? .....	42
4.1.3	Oppbygging av 4D .....	43
4.1.4	Detaljnivå .....	44
4.1.5	Valg av 4D-verktøy .....	45
4.2	4D-verktøy.....	46
4.2.1	Synchro.....	46
4.2.2	Vico Office .....	49
4.2.3	Navisworks.....	54
4.2.4	VisiLean .....	57
4.2.5	ALICE .....	62
<b>5</b>	<b>Resultat fra empirisk data .....</b>	<b>68</b>
5.1	Dybdeintervju .....	68
5.1.1	Valg og bruk av 4D-verktøy.....	69
5.1.2	Prosjekterfaring på plannivå.....	69
5.1.3	Opplevde fordeler ved bruk av 4D-program .....	72
5.1.4	Utfordringer knyttet til bruk av 4D-program .....	73
<b>6</b>	<b>Diskusjon.....</b>	<b>75</b>
6.1	Hvorfor benytte 4D?.....	75

6.2	Valg av 4D-verktøy .....	75
6.3	Planleggingsprinsipper i 4D-verktøy .....	77
6.3.1	Hovedplan .....	77
6.3.2	Faseplan.....	79
6.3.3	Utkvikksplan .....	80
6.3.4	Ukeplan .....	81
6.3.5	Oppfølging .....	81
6.4	Vurdering av programmene .....	82
6.4.1	Synchro.....	83
6.4.2	Vico Office .....	84
6.4.3	Navisworks.....	86
6.4.4	VisiLean .....	88
6.4.5	ALICE .....	90
6.5	Merverdi av 4D utover tradisjonell planlegging og tilhørende effekt .....	94
6.6	Implementeringsterskel .....	97
<b>7</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>102</b>
<b>8</b>	<b>Videre arbeid .....</b>	<b>104</b>
<b>9</b>	<b>Forskning og utvikling .....</b>	<b>105</b>
<b>10</b>	<b>Referanseliste.....</b>	<b>106</b>
<b>11</b>	<b>Vedlegg .....</b>	<b>109</b>

## Figurer

Figur 3- 1: Produktivitetsutviklingen i byggenæringen 2000-2016 (5) .....	10
Figur 3-2: Byggeprosessen (10) .....	11
Figur 3- 3:Eksempel på arbeidsstruktur (WBS).....	17
Figur 3- 4: Eksempel på Gantt-diagram (21) .....	19
Figur 3- 5: Eksempel på AOA-nettverk (20) .....	20
Figur 3- 6: Eksempel på AON-nettverk (20) .....	21
Figur 3- 7: Aktivitetsavhengigheter i presedensnettverk (20).....	21
Figur 3- 8: AON-nettverk med kritisk vei markert med rødt (20) .....	22
Figur 3- 9: Eksempel på skråstrekdigram (19) .....	24
Figur 3- 10: Eksempel på LPS i byggeprosjekt (17) .....	30
Figur 3- 11: Last Planner System (32) .....	30
Figur 3- 12: LPS i praksis (17).....	32
Figur 3- 13: Tidsfremdrift i Gantt (23).....	33
Figur 3- 14: Eksempel på volumfremdrift med prognose (20) .....	34
Figur 3- 15: Livsforløpet til et prosjekt.....	38
Figur 3- 16: Åpen BIM, basert på Statsbygg (37).....	39
Figur 4- 1: Prosessen til 4D-modellering basert på BIM (36).....	44
Figur 4- 2: Oversikt over Synchro platform (41) .....	46
Figur 4- 3: Ensjø Torg S1 i Synchro (17).....	48
Figur 4- 4: Synchro Site i praksis på Ensjø Torg B1 (17).....	49
Figur 4- 5:Eksempel på Vico Office (46).....	51
Figur 4- 6: Eksempel på Vico Schedule Planner (47).....	52
Figur 4- 7: 4D View i Vico Office (47).....	53
Figur 4- 8: Langevatn-prosjektet fremstilt i Navisworks (17) .....	55
Figur 4- 9: Simulering av fremdriftsplanen i Navisworks (48).....	56
Figur 4- 10: Fremstilling av Langevatn i Navisworks (17).....	57
Figur 4- 11: Gantt View i VisiLean (56).....	59
Figur 4- 12: Scheduler i VisiLean (56) .....	59
Figur 4- 13: Table View i VisiLean (56).....	60
Figur 4- 14: 4D Lean i VisiLean (56) .....	61
Figur 4- 15: Oppfølging og produksjonskontroll i sanntid med VisiLean (56) .....	61
Figur 4- 16: Dashboardmodus i VisiLean (56) .....	62
Figur 4- 17: Eksempelprosjekt i ALICE (58).....	63
Figur 4- 18: Ressursvalg for en aktivitet i ALICE (59) .....	64
Figur 4- 19: Explore Schedules i ALICE (59) .....	65
Figur 4- 20: Analyze Schedule i ALICE (59) .....	65

## Tabeller/diagrammer

Tabell 2-1: Liste over intervjuobjekter.....	7
Tabell 3- 1: Sammenligning av Lean mot tradisjonelt system (8) .....	29
Tabell 5- 1: Liste over intervjuobjekter.....	68
Tabell 6- 1: Sammenligning av 4D-programmer basert på Eastman et al. (2011).....	76
Tabell 6- 2: Programoversikt ut ifra egendefinerte kriterier .....	93
Tabell 6- 3: Merverdi og effekt .....	96

## **Nomenklatur/ Forkortelser/ Symboler**

3D – 3 dimensjoner: x, y, z

4D – 4 dimensjoner: 3D + tid

AOA – Activity on Arc

AON – Activity on Node

API – Application Programming Interface

CPM – Critical Path Method

CSV – Comma-Separated Values

FV – Faktisk Verdi

IFC – Industry Foundation Classes

IFD – Databok

IDM - Prosess

IV – Inntjent Verdi

KI – Kunstig Intelligens

LBS – Location-based service/structure

LC – Lean Construction

LOB – Line of Balance

LPDS – Lean Project Delivery System

LPS – Last Planner System

MEP – Mechanical, Electrical and Plumbing

PERT – Program Evaluation and Review Technique

PPC – Percent Plan Completed

PPU – Prosent Plan Utført

PV – Planlagt Verdi

VDC – Virtual Design Construction

WBS – Work Breakdown Structure

---

# 1 INTRODUKSJON

*I introduksjonskapittelet gjennomgås bakgrunnen for, og formålet med denne bacheloroppgaven. Videre presenteres problemstilling og oppgavens avgrensninger.*

## 1.1 Bakgrunn

Det påpekes ofte at byggebransjen er lite effektiv og produktiv, uten at det settes store krefter i sving for å forbedre denne trenden. BIM har de siste årene blitt en naturlig del av prosjektplanlegging, og derfor har mange entreprenører i bransjen begynt å se på hvordan nye verktøy kan bidra til å forbedre planlegging og styring av prosjekter.

Denne oppgaven ble valgt på bakgrunn av den hurtige utviklingen innenfor digitale verktøy og hjelpemidler i bygg- og anleggsbransjen. Ettersom 3D-modellering er godt etablert, rettet blikket seg mot 4D-modellering som enda er lite brukt. Det var etter en samtale med Roar Fosse, avdelingssjef for BIM og VDC hos Skanska, at 4D virkelig fikk interesse. Han fortalte følgende historie fra et av sine første møter med 4D:

*«Jeg satt i et møte med vår prosjektdirektør og en annen underentreprenør på prosjektet. Alle i møtet nikket og smilte, og latet som de forsto alt som ble sagt. Jeg ble spurt om å vise 4D-modellen, og scrolltet frem og tilbake. Først da forsto alle hvor de skulle starte, og i hvilken rekkefølge ting skulle gjøres. Så allerede her skjønnte jeg at 4D virkelig var fornuftig»*

*- Roar Fosse, Avdelingssjef BIM & VDC, Skanska*

Etter videre dialog kom det frem at det var etterspørsel etter en kartlegging av de mest brukte 4D-programmene i den norske byggebransjen. Dette la grunnlaget for denne oppgaven, hvor fokuset har vært på 4D. Først så vi på tradisjonell fremdriftsplanlegging, BIM og 4D-verktøy. Deretter gjorde vi dybdeintervju som sammen med teorien danner en sammenstilling av de utvalgte 4D-programmene, basert på faktorer som anses som nødvendig ved bruk av denne typen verktøy.



---

## 1.2 Formål og problemstilling

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Skanska Norge AS. Målet for prosjektet er å belyse temaene planleggingsteori, 4D-modellering, og tilhørende verktøy som benyttes. Det er et ønske om at det endelige produktet skal bidra til økt informasjon og kunnskap om fordelene med 4D, og variasjoner i fordelaktige funksjoner hos de utvalgte programmene som vurderes.

Målet for gruppen er å generelt lære mer om 4D-verktøy som er mest brukt av bransjen i Norge i dag. Grunnlaget legges ved å forstå og skaffe innsikt over hvilke planleggingsteknikker og BIM-programvare hvert verktøy baserer seg på. Effekten av å anskaffe slik kunnskap er å være bedre rustet til en digital arbeidshverdag i fremtiden. Det kan medbringe store fordeler å være kjent med noen 4D-programmer, og ha innsikt i hvordan digitale verktøy kan benyttes som et hjelpemiddel. Problemstillingen er som følger:

*Hvordan kan ulike 4D-verktøy støtte og forbedre planlegging og styring av byggeprosjekt?*

Videre er det også definert noen forskningsspørsmål som skal bidra til å svare på problemstillingen. Forskningsspørsmål:

1. Hvilke planleggingsprinsipp bør ivaretas av et 4D-verktøy og hvordan ivaretas disse av dagens tilgjengelige verktøy?
2. Hvilke vurderinger bør gjøres før valg av et 4D-verktøy?
3. Hvilken merverdi gir 4D utover tradisjonell planlegging og hvilke effekter ser en av 4D i dag?
4. Hvordan er implementeringsterskelen for ulike 4D-verktøy?

## 1.3 Omfang og begrensning

Bacheloroppgaven er skrevet vårsemesteret 2019 og tilsvarer 20 studiepoeng. Forberedelsene startet allerede oktober 2018 med å bestemme tema, og etablere kontakt med ekstern veileder. Videre er arbeidet med oppgaven er tidsbegrenset. Det innebærer at antall metoder for informasjonsinnhenting er begrenset. Det finnes mange programvarer som tilbyr den typen teknologi som vi ønsker å analysere, men med tanke på relevans og tid har vi valgt å fokusere på de mest aktuelle og interessante for den norske byggebransjen. Som følge av tidsmangel er det også utfordrende å få gjennomført en tilstrekkelig mengde dybdeintervju og dermed blir primærdataene begrenset. Oppgaven inneholder en teoretisk og empirisk del, hvor empirien består av informasjon hentet fra dybdeintervjuene.

---

## 2 METODE

*En metode er en måte å tilegne seg kunnskap på, eller innsamle erfaringer. Metoden beskriver hvordan man går til verks for å samle inn informasjonen som anses nødvendig for å skrive oppgaven og svare på problemstillingen (1, s. 81). For å kunne utarbeide en forskningsoppgave er valg av riktig metode viktig. Metodekapittelet inneholder en kort drøfting av metoder og design, beskrivelse og begrunnelse for valgt metode, samt kritikk av egen metode.*

### 2.1 Forskningsmetoder og design

En forskningsmetode er en strategi eller en teknikk, som benyttes for å løse et problem eller komme frem til ny kunnskap. Enhver metode har fordeler og ulemper, og utfordringen ligger i å velge den metoden som er best egnet til å svare på problemstillingen (2, s. 128). Det skilles ofte mellom kvalitativ og kvantitativ metode.

Ved valg av undersøkelsesdesign sier Gripsrud, Olsson og Silkoset at det avhenger av hvor mye kunnskap vi har om temaet fra før, og hvilke ambisjoner vi har med tanke på å forklare og analysere sammenhenger (3, s.38). Videre beskriver de tre hovedtyper undersøkelsesdesign: eksplorativt, deskriptivt og kausalt.

#### 2.1.1 Deskriptivt, eksplorativt og kausalt design

Undersøkelsesdesign innebærer en beskrivelse av hvordan hele analyseprosessen skal legges opp for å kunne løse den aktuelle problemstillingen (3, s.38).

Eksplorativt design benyttes hvor en i utgangspunktet vet lite om et saksområde, og det primære målet med undersøkelsen er å få utforsket temaet nærmere. Ved dette designet benyttes to hovedteknikker for datainnsamling: fokusgrupper og dybdeintervju (3, s.39). Eksplorativt design gir innsikt, skaper forståelse, og krever litteraturstudie og bruk av sekundærdata (3, s.41).

Ved bruk av deskriptivt design må man ha en grunnleggende forståelse av problemområdet fra før. Formålet med designet er å beskrive situasjonen på et bestemt område. Typisk for denne metoden er å benytte strukturerte spørreskjema, og et representativt utvalg respondenter

---

fra en målgruppe. Det er to andre teknikker som benyttes: observasjon og dagbokmetoden (3, s.41,45).

Kausalt design benyttes for å undersøke mulige årsaksforklaringer ved å utføre en form for eksperiment (3, s.45).

### **2.1.2 Kvalitativ og kvantitativ metode**

De kvalitative metodene tar sikte på å fange opp meninger og opplevelser som ikke lar seg tallfeste eller måle. De kvantitative metodene benyttes når en ønsker å omforme informasjon til målbare enheter som gir muligheter til å foreta regneoperasjoner, som det å finne gjennomsnitt og prosent av en større mengde (1, s.82).

Forskjellen på de to ovennevnte metodene er primært knyttet til hvordan informasjon innsamles. En kvalitativt orientert metode skal gå i dybden, og få mye informasjon fra relativt få undersøkelsesobjekter. I tillegg er ønsket å få frem avvikende opplysninger, kjennetegn og særegenheter. I en kvantitativt orientert metode undersøker man i bredden, og ønsker flere undersøkelsesobjekter, men færre opplysninger fra hver. Målet er å finne opplysninger som får frem felles kjennetegn fra de ulike objektene. Et kvalitativt intervju er fleksibelt uten bestemte svaralternativer, mens et kvantitativt intervju er systematisk organisert, ofte i form av et spørreskjema med forhåndsbestemte svaralternativ (1, s.82).

### **2.1.3 Valg av forskningsmetode og design**

Ved valg av design er det tre faktorer som har betydning: erfaring fra saksområdet, kjennskap til teoretiske studier og ambisjonsnivå. Da vi som gruppe har lite erfaring på området og kjennskap til teorien har vi valgt å benytte et eksplorativt design.

Opgaven er av en slik art at kvalitativ metodologisk tilnærming anses å være beste fremgangsmåte for å gi kunnskapen vi ønsker om temaet. Formålet med et kvalitativt intervju er å fange opp intervjupersonenes egne tanker og meninger om emnet (1, s.130). Da vi ikke har noe kunnskap eller erfaring på området fra før, er vi avhengig av å få dette fra andre.

---

## **2.2 Validitet og reliabilitet**

For at en metode skal gi pålitelig informasjon settes det krav til validitet og reliabilitet. Kravene må oppfylles for at dataene som samles inn skal ha noen verdi for undersøkelsen (1, s.93).

### **Validitet (relevans og gyldighet)**

Validitet handler om at det som skal kartlegges må ha relevans med tanke på problemstillingen (1, s.48). I denne oppgaven utgjør intervjuobjektene en stor del av informasjonskilden. Det er dermed avgjørende at både menneskene og spørsmålene i intervjuene er nøye utvalgt, og kan gi svar som bidrar til å belyse flere aspekter ved problemstillingen. Vi har forsøkt å finne et bredt spekter av intervjuobjekter fra ulike firmaer, med forskjellig bakgrunn og erfaring, for å få et helhetsinntrykk av bransjen.

### **Metodens relevans**

For å kartlegge om spørsmålene i intervjuene tilfredsstillende kravet om relevans kan det med fordel organiseres et prøveintervju. En får da et inntrykk av om intervjuene gir svar på det som undersøkes, og om noen av spørsmålene opptrer som uklare (1, s.93). I denne oppgaven ble intervjuguiden sendt til både intern og ekstern veileder før første intervjuet ble foretatt. Det første intervjuet fungerte som et prøveintervju, og vi fikk bekreftet at intervjuguiden fungerte som ønsket. Det må imidlertid nevnes at intervjuguiden ble fulgt mest gjennom de første intervjuene, fordi vi etter hvert ble tryggere på å gjennomføre intervju og hadde tilegnet oss mer kunnskap om temaet. I tilfeller hvor intervjuobjektene hadde manglende erfaringer på enkelte punkter utviklet naturligvis intervjuet seg i en litt annen retning enn «malen».

### **Reliabilitet (pålitelighet)**

I tillegg til at informasjonen må være relevant, må den også være innhentet slik at det oppleves som pålitelig data (1, s.94). For å sikre oss at det som ble sagt under intervjuet ble registrert tok vi notater underveis i intervjuet for så å lage utfyllende sammendrag rett etterpå. Ved tvil om korrekt tolkning av informasjon eller ytterligere oppfølgingsspørsmål ble det tatt kontakt igjen.

---

## **2.3 Innsamling av data**

Det er benyttet flere metoder for innsamling av data. Hovedsakelig har informasjon blitt innhentet ved litteraturstudie og dybdeintervju med relevante personer i byggebransjen som har en spesiell interesse for digitalisering og 4D.

### **2.3.1 Litteraturstudie**

Litteraturstudie ble gjort for å samle informasjon som danner grunnlaget for teorien i oppgaven. Dette for å få forståelse og kunnskap om temaområdet i oppgaven. Siden vi hadde liten erfaring med temaet fra før, var vi avhengig av en grundig litteraturstudie for å få oversikt før igangsettelse av intervju. Til dette ble det brukt håndbøker, andre bachelor- og masteroppgaver, samt faglitteratur fra biblioteket.

I litteraturstudiet brukte vi primært Google Scholar og Oria. I tillegg fikk vi råd fra veileder ved valg av litteratur. Ved å bruke slike søkemonitorer begrenses søkene til forskningsrapporter, faglige artikler og avhandlinger mm. Videre kan søkene sorteres etter relevans og dato. Ved valg av litteratur har vi også vurdert om publikasjonen er troverdig, objektiv, nøyaktig og egnet til oppgaven (4).

### **2.3.2 Dybdeintervju**

For å samle inn empirisk data valgte vi å gjennomføre dybdeintervju, da menneskers personlige erfaringer rundt 4D er interessante og nødvendig for besvarelsen av oppgaven. Dybdeintervjuene ble gjennomført som intervju med ulike personer i forskjellige bedrifter og institusjoner, som har erfaring med 4D på byggeprosjekter. Dette gjorde vi for å forsøke å danne oss et helhetlig bilde av hvordan ulike programmer brukes i den norske byggebransjen, og hva som kan gjøres i de ulike programmene.

### **Valg av intervjuobjekter**

I starten av prosessen ga Roar Fosse oss kontaktinformasjon til noen sentrale personer som kunne være av interesse å knytte kontakt med. To internasjonale personer ble spesifikt valgt i samarbeid med Fosse, grunnet deres ekspertise innenfor 4D. Dr. Dave ga oss innsikt i VisiLean som anses som et aktuelt program for den norske byggebransjen i årene fremover. Prof. Fischer bidro med eksempler fra sin lange karriere innenfor VDC og 4D. I tillegg gjorde

vi egne søk for å finne flere intervjuobjekter som vi hadde grunn til å tro at kunne bidra med informasjon til problemstillingen. Denne typen utvelgelse av intervjupersoner kalles *strategisk valg* (1, s.142). Dette var en prosess som tok litt tid, men de fleste vi tok kontakt med var positive til oppgaven, og interesserte i å stille til intervju via videosamtale. Tabell 2-1: *Liste over intervjuobjekter* viser en oversikt over intervjuobjektene i denne oppgaven.

Tabell 2-1: *Liste over intervjuobjekter*

Nr.	Navn	Bedrift	Stilling
1	Johan Brommeland Selmar	Veidekke	Digitalisering og IT-ansvarlig
2	Gunnar Skeie	Kruse Smith	Avdelingsleder VDC
3	Caroline Jørgensen	Skanska	Produksjonsleder
4	Bo Christian Trollsås	AF-gruppen	Planlegger VDC
5	Jens Fredrik Langlo	Kruse Smith	Utvikler VDC
6	Adrian Christoffer Myrteveit	Hent	BIM-tekniker
7	Eva Kathrine Frøisland	Origo Arkitektgruppe	BIM-koordinator
8	Dr. Bhargav Dave	VisiLean	CEO
9	Christopher Carlsen	BetonmastHæhre	Anleggsleder
10	Roar Fosse	Skanska	Avdelingssjef BIM & VDC
11	Per-Ferdinand Stensund	Skanska	Rådgiver BIM & VDC
12	Prof. Martin Fischer	Stanford University	Prof. avd. bygg- og miljøteknikk

## Forberedelser

I forkant av intervjuene fikk intervjupersonene tilsendt intervjuguiden som gjorde at de kunne gjøre seg opp tanker i forkant av intervjuet. En slik forventningsavklaring og forberedelse er viktig for å få relevant informasjon og gode svar under intervjuet, samt forhindre at vi bruker unødvendig mye tid på det. Vi opplevde at det var litt varierende om intervjuobjektene hadde sett på intervjuguiden eller ikke i forkant, men alle fikk tilgang til den på forhånd, med unntak av de to intervjuene som ble gjennomført på engelsk.

---

## **Struktur og gjennomføring**

Vi benyttet videosamtaler for å gjennomføre intervjuene fordi intervjuobjektene var stasjonert i andre byer enn Trondheim. Intervjuene ble utført i en-til-to-situasjon med intervjuguiden som utgangspunkt (3, s.40). For å oppnå en så naturlig samtalesituasjon som mulig, ble det gjennomført *halvstrukturerte intervju*. At et intervju er halvstrukturert betyr at oppbyggingen av intervjuet er åpent. Temaene som er nyttige å komme inn på er skrevet ned i intervjuguiden, men man er ikke bundet til en bestemt rekkefølge å stille spørsmålene i (1, s.148). På denne måten får intervjuobjektet muligheten til å utdype svarene sine som de ønsker, og det kvalitative intervjuet utvikles underveis.

Det har vært fokus på at intervjuobjektene skal dele mest mulig erfaring rundt 4D i intervjuet, men det har oppstått noen digresjoner underveis. Dette har imidlertid bidratt til å belyse interessante temaer og synsvinkler. Det ble tatt grundige notater underveis for bearbeidelse og videre bruk til oppgaven.

## **Analyse**

For å samle og sortere all informasjonen fra intervjuobjektene ble det skrevet sammendrag av hvert enkelt intervju sortert under punkter, så langt det var mulig. Punktene var som følger; Erfaring med 4D, om programmet, ulike faser i prosjektplanlegging og fordeler og ulemper med 4D.

## **2.4 Kritikk av egen metode**

Dette er en oppgave med flere begrensninger, med tanke på tid, egen kunnskap og omfang. Derfor er det naturlig at det oppstår feilkilder som det bør tas hensyn til.

### **2.4.1 Feilkilder litteraturstudier**

I dette arbeidet har det blitt benyttet litteratur både fra fagbøker og tidligere bachelor- og masteroppgaver. Å bruke oppgaver skrevet av andre studenter kan være en fallgrube da vi ikke vet noe om kontroll av oppgaven. For å forhindre feilkilder ved bruk av denne typen litteratur har vi forsøkt å finne førstehåndskilden der det var mulig, eller etterprøvd kilden i annen litteratur. På denne måten føler vi oss trygge på at informasjonen vi har funnet til teorikapittelet er pålitelig.

---

### **2.4.2 Feilkilder intervju**

Det ligger også feilkilder i intervjuene som ble gjennomført. Det gjelder hovedsakelig i om spørsmål og svar blir tolket korrekt. For å unngå dette var vi ekstra oppmerksomme på om spørsmål og svar samhandlet. I tillegg skrev vi notater underveis, samtidig som vi sørget for å stille oppfølgingsspørsmål dersom det oppsto usikkerheter. Spørsmål intervjuobjektene ikke hadde erfaring med kan føre til synsing eller feilinformering. Da er det en fordel med halvstrukturert intervju som gjør at en kan avdekke mangel på erfaring, og heller snakke litt rundt spørsmål intervjuobjektet ikke kan besvare. Det kan være vel så verdifullt.

Den største feilkilden anses å være at de som ble intervjuet bare er et lite utvalg av de som driver med 4D i Norge. Av den grunn kan det hende at andre har meninger eller oppfatninger som ikke samsvarer med informasjon gitt i denne oppgaven. Dette er viktig at leseren av oppgaven er klar over. Særlig når det kommer til hva programmene brukes til, og hvilke funksjoner det har.

### **2.4.3 Feilkilde informasjon om programvare**

I denne oppgaven har vi ikke hatt mulighet til å teste programvarene selv, og er derfor helt avhengig av informasjonen gitt av produsenter og brukere. Da de utvalgte verktøyene ikke er svært utbredt i Norge har det vært utfordrende å finne intervjuobjekter som kunne gi oss all den informasjonen vi søkte. Videre vil heller ikke en produsent være en objektiv kilde, dersom spørsmål ikke dreier seg om rene tekniske problemstillinger. Vi har derfor etter beste evne vurdert programmene ut fra den informasjonen vi har mottatt.



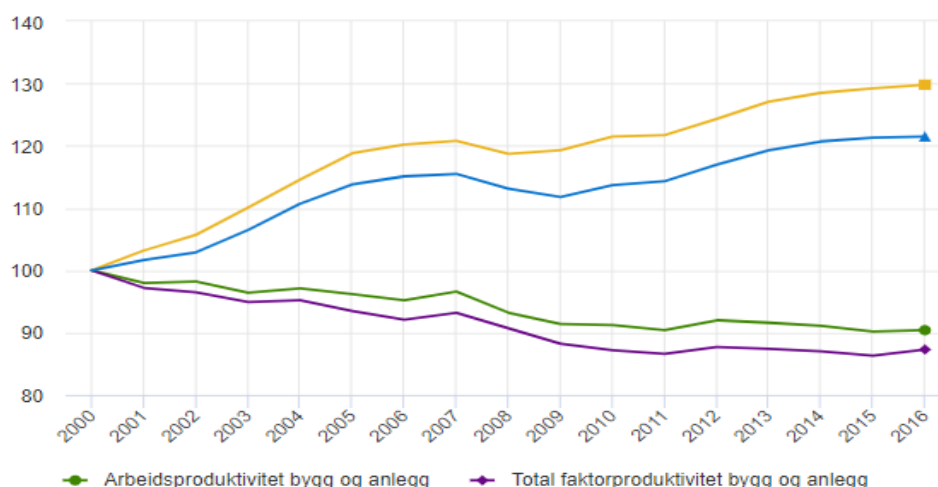
## 3 TEORI

4D er et resultat av planlegging og BIM. I dette kapittelet kartlegges teorien bak planlegging generelt, samt konkrete planleggingsmetoder. Videre presenteres BIM.

### 3.1 Planleggingens rolle i byggeprosessen

Byggebransjen har lenge blitt kritisert for dårlig produktivitet, og produktiviteten har siden 2000 falt med 10% ifølge en måling gjort av Statistisk Sentralbyrå (5). Sammenlignet med andre bransjer som opplever økning i produktivitet, som følge av blant annet teknologiske nyvinninger, har ikke byggenæringen den samme utviklingen. Byggekostnadsprogrammet (6, s.19) fastslår at opptil 30% av kostnader i et prosjekt er et resultat av sløsing. M. Cnudde (7) kom frem til at 5-10% av prosjektsummen kommer av endringer og omarbeid, og ifølge H.G. Ballard sin doktorgradsavhandling om Last Planner System (8) er det bare 35-65% av aktiviteter som utføres som planlagt på ukentlig nivå. Det kan være mange grunner til en slik utvikling, men det er tydelig at for å skape effektiv drift i prosjekter er fremdriftsplanlegging en av de mest fundamentale aspektene ved prosjektgjennomføringen. Det er i dag mange måter å planlegge et prosjekt på, men grunnlaget er likt for de fleste og det krever mye arbeid for å lage en god og funksjonell fremdriftsplan.

*«Det er utvilsomt mye forbedringspotensial i byggeprosessen, og en av de sentrale mekanismene er hvordan vi ved fremdriftsplanlegging strukturerer arbeid både i støttende prosesser og produksjon på byggeplass» - Roar Fosse, Avdelingssjef BIM & VDC, Skanska*

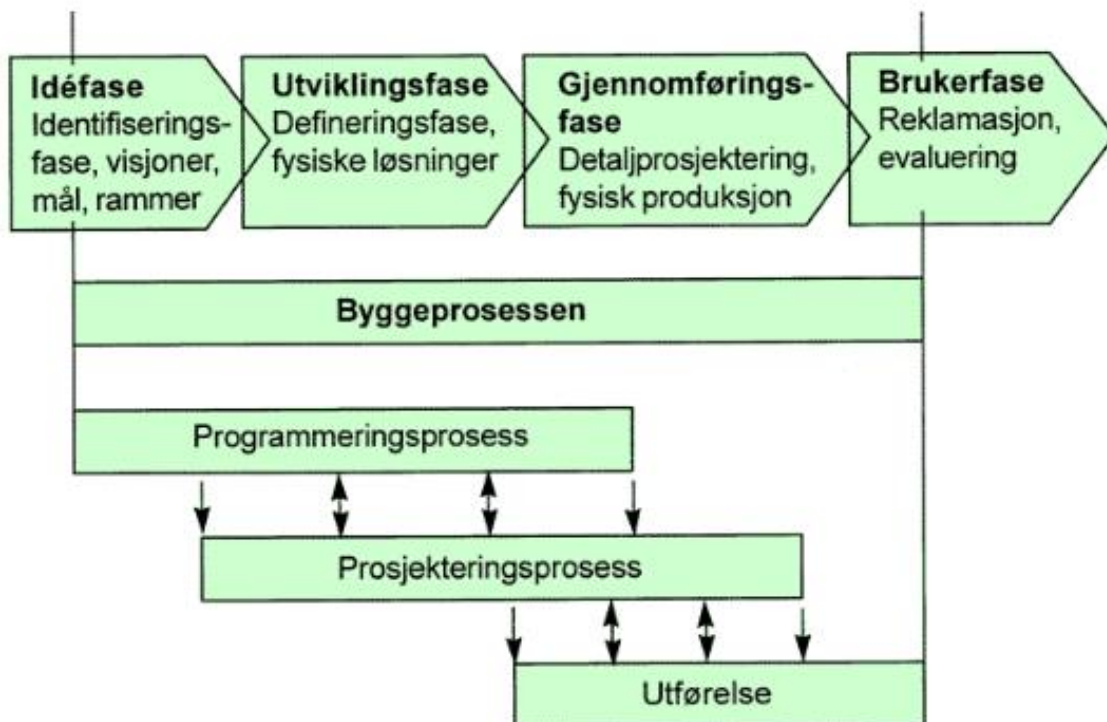


Figur 3- 1: Produktivitetsutviklingen i byggenæringen 2000-2016 (5)

### 3.1.1 Byggeprosessen

Et prosjekt gjennomgår ulike prosesser og faser før resultatet er en ferdig konstruksjon. Fasene deles inn i idé-, utvikling-, gjennomføring- og brukerfase. Disse gjenspeiler livssyklusen og verdiskapningen i et prosjekt, hvor hver fase inneholder en start, et sett med leveranser og en slutt (9). Kjerneprosessene omfatter programmering, prosjektering og utførelse. Det er disse prosessene som har beskrivelse eller produksjon av det planlagte bygget. Programmeringsprosessen identifiserer krav som byggverket skal tilfredsstillere, mens prosjekteringsprosessen beskriver utvikling, utforming og beskrivelse av byggets fysiske egenskaper. Sammen gir disse to prosessene grunnlaget for utførelsen på byggeplassen i produksjonsprosessen (10, s.26).

Hvor et prosjekt befinner seg i prosessen avgjør hvordan fremdriftsplanleggingen utføres, med tanke på omfang og detaljeringsgrad. Det vil også være svært ulikt hvilke aktører i prosjektet som er involvert i utarbeidelse av planen, og hvem som er mottaker av planen.



Figur 3-2: Byggeprosessen (10)

---

### **3.1.2 Planleggingstrinn**

I et byggeprosjekt er det involvert forskjellige aktører som alle har ulike behov for informasjon om prosjektet og styring av det. Derfor utarbeides det som regel en plan ut fra hvilke faser prosjektet er i, og hvem som skal utvikle den. Cooke og Williams (11, s.135-136) presenterer dette med fire planleggingstrinn basert på hvilke aktører som utvikler planen og hvilken hensikt den har.

#### **Hele prosjektet (Byggherre)**

Byggherrens representant utvikler en fremdriftsplan med et bredt rammeverk for prosjektet. Fremdriftsplanen skal da inneholde nøkkeldatoer for prosjektets start og slutt, samt for prosjektering, kontrahering og produksjon. Dette er en overordnet fremdriftsplan for hele prosjektet, i tillegg til en grov inndeling av prosjektets forskjellige faser. Hensikten med denne planleggingen er:

- Å etablere et realistisk grunnlag for valg av rådgivere og entreprenører
- Å identifisere nøkkeldatoer og/eller kritiske stadier i prosjektet
- Å legge til rette for kontroll av prosjektering- og kontraheringsfasen
- Å identifisere potensielle risikoer for progresjon i prosjektet og unngå forsinkelser
- Å legge til rette kostnad- og budsjettstyring
- Å etablere et realistisk tidsperspektiv for produksjonsfasen
- Å overvåke faktisk fremdrift, og eventuelle tiltak ved avvik

#### **Før Anbud (Anbyder)**

I kontraheringsfasen blir en fremdriftsplan gjerne utviklet av entreprenøren idet de mottar anbudet som et hjelpemiddel i prosessen. Prosessen vil bidra til å estimere pris på metoderelaterte elementer i anbudet og kontraktforberedelsene som i stor grad består av tidsrelaterte kostnader. Dette trinnet tar med andre ord for seg planleggingen av anbudet, hvor det utarbeides et estimat som regnes om til et kommersielt bud. Rollen til en entreprenør i denne prosessen innebærer derimot mye mer enn bare å lage en fremdriftsplan. Det er mange faktorer som spiller inn, blant annet avtaler med underleverandører, logistikk på byggeplass og risikoevaluering. Alt dette inngår i avgjørelsen om det skal gis anbud eller ikke. Hensikten med denne planleggingen er:

---

- Å etablere en realistisk kontraktperiode som anbudet kan baseres på
- Å identifisere og bestemme byggemetoder
- Å vurderer elementer som påvirker anbudsprisen
- Å hjelpe oppbygging av den foreløpige kontrakten og anleggsutgifter

### **Etter kontrahering (Hovedentreprenør)**

Etter kontraheringen, når anbyderen (hovedentreprenøren) har blitt tildelt byggeprosjektet begynner arbeidet med å utvikle en hovedplan for prosjektet. Denne består ofte av en sammenføring av planene utarbeidet i de foregående trinnene<sup>1</sup>. Byggherren benytter denne fremdriftsplanen til å overvåke hovedentreprenørens fremgang i gjennomføringsfasen. Hovedplanen vil ofte vise viktige datoer og informasjon som er nødvendig for entreprenøren, som når utbetalinger skal foregå og lignende. Mange entreprenører utvikler i tillegg en intern fremdriftsplan for å kunne spare tid og penger, og dermed øke egen fortjeneste. Denne planen er en effektivt komprimert versjon av hovedplanen med tid tatt ut fra kritisk vei, noe som gjør den svært sensitiv for uforutsette hendelse. Med andre ord er det ikke alltid at en slik plan fungerer til fordel for entreprenøren.

For å kunne hjelpe hovedentreprenøren med organisering og ledelse av byggeprosjektet må den interne planen utarbeidedes mer detaljert. Her kan flere av hovedarbeidspakkene være tenkt utført av underleverandører avhengig av hovedentreprenørens egne ressurser. Disse pakkene vil bli utarbeidet på et høyere detaljnivå av underleverandørene. Likevel er det vanlig at hovedentreprenøren lager en innkjøpsplan for hver av underentreprenørene for å sikre og kontrollere fremdriften. Denne planen viser både positiv og negativ tid. Negativ tid er den tiden som trengs før produksjonen kan starte. Dette er nødvendig for å organisere rigging og prosjektering av arbeidspakken, eller for nødvendige forhåndsbestilte materialer som har lang bestillingstid. Positiv tid er tiden underentreprenøren trenger for å utføre arbeidet. Hensikten med planleggingen er:

- Å utarbeide et utkast til en plan og en strategi for prosjektet
- Å overholde kontraktvilkårene

---

<sup>1</sup> Denne prosessen er basert på en tradisjonell gjennomføringsmodell, og kan variere dersom andre modeller benyttes.

- 
- Å etablere en konstruksjonssekvens som hovedplanen kan baseres på
  - Å identifisere nøkkeldatoer for prosjektet
  - Å utheve viktige informasjonskrav
  - Å tilrettelegge for kostnadsanalyse
  - Å planlegge nøkkeldatoer med tanke på material- og underentreprenørleveranser

### **Produksjon (Hovedentreprenør og underentreprenør)**

I løpet av dette trinnet blir hovedplanens detaljeringsgrad utarbeidet videre. Hovedentreprenøren kan for eksempel lage faseplaner, eller en rekke fremdriftsplaner som går over kortere perioder helt ned til dag til dag-aktiviteter. Produksjonsplanlegging blir gjort av hovedentreprenøren for å opprettholde kontrollen, og sikre at prosjektet blir ferdig til riktig tid innenfor budsjettet fastsatt i kontrakten. Underleverandørene deltar aktivt i planleggingen gjennom diskusjon med hovedentreprenøren, eller ved å utvikle egne planer som blir sent til godkjenning.

Idet produksjonen settes i gang, endrer fremdriftsplanen karakter. Det oppstår forsinkelser, endringer i designet og andre avvik. Fremdriftsplanen blir her derfor et dynamisk hjelpemiddel for oppfølging av prosjektet. Endringer i planen som følge av uforutsette hendelser, eller forandringer i prosjekteringsgrunnlaget, er det hovedentreprenøren som må imøtekomme. Endringene fører til at fremdriftsplanen blir konstant oppdatert og revidert. Hensikten med denne planleggingen er:

- Å overvåke hovedplanen – månedlig, ukentlig og daglig
- Å planlegge aktiviteter i detalj på kort sikt
- Å optimalisere og evaluere ressurser
- Å holde prosjektet under evaluering og rapportere avvik

### 3.1.3 Planleggingsnivåer

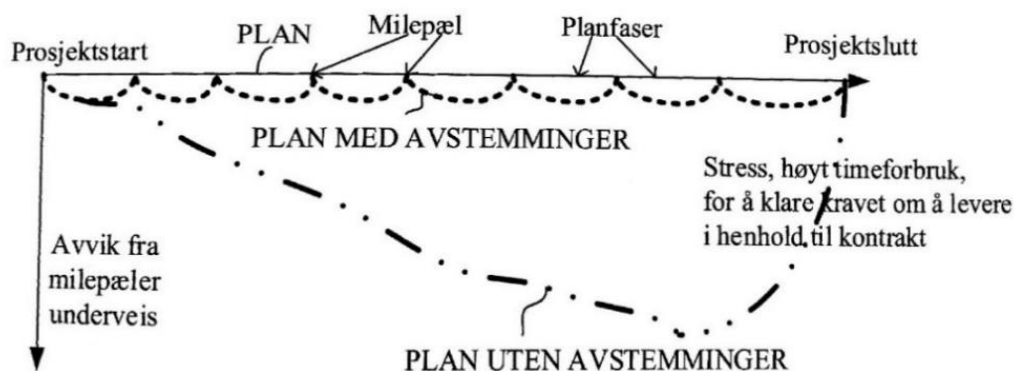
Planleggingsnivåene i et prosjekt er som regel organisert i et planhierarki. Det skal være samsvar mellom planene for de ulike nivåene. Det er mange måter å dele inn disse nivåene på avhengig av hvilket system som benyttes. Derfor har flere av de store entreprenørene egne metoder for planinndeling som bedriften anser hensiktsmessig. Nedenfor følger de planleggingsnivåene som det i denne oppgaven er valgt å fokusere på, som baserer seg på «The Last Planner System» (12, s.44).

#### Hovedplan

Hovedplanen omfatter milepælene og de grove aktivitetene for hele prosjektet. Det er en overordnet presentasjon over hva som skal gjøres i prosjektet (12, s.45). Planen bygger på en kontrakt mellom utførende entreprenør og byggherre, og er en avtale om hvordan prosjektet skal utføres for at byggherren skal få ønsket produkt. Hensikten med en slik overordnet fremdriftsplan er:

- Å vise at arbeidet kan gjennomføres innen en bestemt tid
- Å etablere og identifisere milepæler som er viktige for både entreprenør og byggherre
- Å avgjøre når de ulike arbeidsoppgavene skal gjennomføres
- Å utvikle en plan for gjennomføringen av prosjektet

Milepæler er et viktig redskap for å lettere holde prosjektgjennomføringen stabil og forutsigbar, og for å unngå stress og høyt timeforbruk slik at man klarer å levere produktet i samsvar med kontrakten (12, s.47).



Figur 1-3: Milepælstyring (12)

---

## **Faseplan**

Faseplanen utvikles i starten av et prosjekt, og forteller hva som bør gjøres. Detaljeringsgraden avhenger av prosjektets størrelse, og bør vurderes for hvert enkelt tilfelle. Ved utarbeidelse av faseplan brytes den ned til aktiviteter som har en størrelse som kan stemmes av i fremdriftsmøter. Dette kan være aktiviteter som gipsing eller støping av gulv. Det er en avtale mellom alle de ulike utførende entreprenørene, og inneholder en plan på hvordan en på best mulig måte kan gjennomføre prosjektet innenfor den gitte tiden, og i hvilken rekkefølge arbeidspakkene<sup>2</sup> skal utføres i. Faseplanen beskriver tidlig hva som bør skje, og bør kun justeres ved større endringer i prosjektet (12, s.45,47).

I faseplanlegging benyttes gjerne bakoverplanlegging (eng: «*pull*» *planning*) for å klargjøre avhengigheter mellom fagene, noe som er viktig desto mer komplekst prosjektet er. Bakoverplanlegging tar utgangspunkt i en milepæl, som for eksempel «tett bygg». En ser så på hva som må til for å nå den milepælen, og planlegger ut ifra det (12, s.48). Det vanligste er å faseplanlegge ved bruk av lappeteknikk. Da fester man post-it lapper i en rutetabell, hvor hver farge representerer et fag. Tid indikeres horisontalt, og lokasjon vertikalt. Lappene beskriver aktiviteter som skal gjøres innenfor en tidsperiode (13, s.33).

## **Utkikksplan**

Detaljer i aktivitetene fra faseplanen skal verifiseres i en utkikksplan. Utkikksplanen har som funksjon å systematisk fjerne hinder før produksjonen, slik at arbeidet er mulig å gjennomføre innenfor milepælene. Dette gjøres ved å stemme av de 7 forutsetningene for sunne aktiviteter (12, s.45). En utkikksplan beskriver hvilke aktiviteter som skal foregå tre til ni uker frem i tid, og skal forbedre koblingen mellom hva som bør gjøres og hva som kan gjøres.

## **Ukeplan**

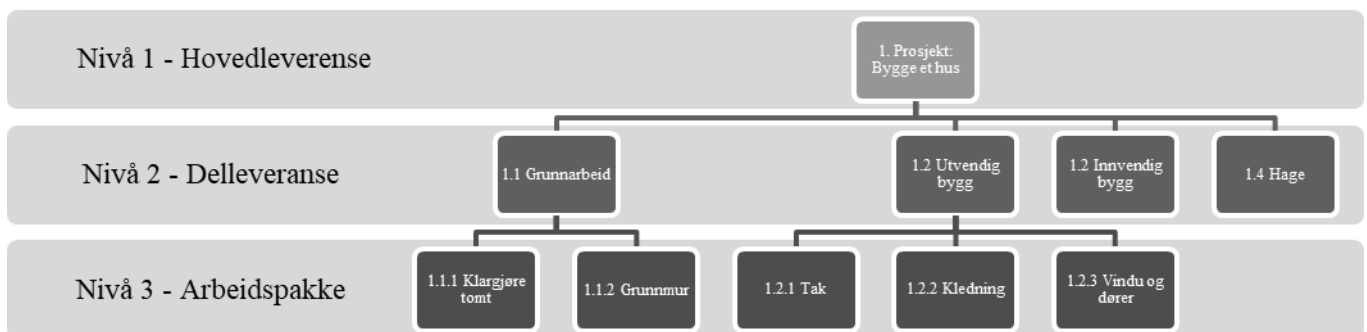
En ukeplan er en avtale om hva som vil bli gjort, gjerne innenfor et tidsrom på en til tre uker. En slik plan sikrer at de ulike fagene vet hvor og når de skal inn i prosessen. Når det utformes en ukeplan bør både formenn og baser være involvert, slik at man sikrer at planen stemmer overens med reelle forutsetninger som ressurser, utstyr og materialer (12, s.51).

---

<sup>2</sup> En arbeidspakke er en detaljert og utvetydig aktivitet med relativt kort varighet gjerne tildelt en bestemt ansvarsperson

### 3.1.4 Prosjektnedbryting

For å kunne gjennomføre et prosjekt er det viktig å identifisere og planlegge de arbeidsoppgavene som må utføres. Denne prosessen starter ofte med prosjekt- eller arbeidsnedbryting. Dette dreier seg om å bryte prosjektet ned i mindre, håndterbare arbeidsenheter. En slik type nedbryting kalles Work Breakdown Structure (WBS) (14, s.79). Utarbeidelsen av WBS skjer ved at prosjektet blir suksessivt brutt ned i mindre enheter, nivå for nivå. Antall nivåer som prosjektet brytes ned i avhenger av behovet for detaljering (14, s.80). I følge Kerzner (15, s.365) kan en WBS betraktes som et produktorientert familietre med inndeling av verktøy, tjenester og informasjon som kreves for å produsere sluttproduktet. Den bør struktureres i sammenheng med hvordan arbeidet skal utføres, og reflektere måten prosjektkostnader og informasjon vil bli summert og rapportert. WBS fungerer som den innledende kontrollen som all planlegging stammer fra, og danner grunnlaget for kommunikasjon og drift i alle prosjektets faser (16, s.27-28).



Figur 3- 3:Eksempel på arbeidsstruktur (WBS)

Hvert nivå i en WBS gir større grad av definering og detaljering. Det er ingen standard metode for utforming av WBS, og det kan være utallige løsninger for et prosjekt. Ofte brytes prosjekter ned i tre nivåer; hovedleveranse, delleveranse og arbeidspakker som vist i Figur 3-3: *Eksempel på arbeidsstruktur*. Det nederste nivået, arbeidspakkene, bør være detaljerte og utvetydige. Som oppgave burde den ha en bestemt ansvarsperson og være relativt kortvarig i tidsbruken. Detaljeringsgraden bør være slik at kostnad-, tid- og ressursbruk kan bestemmes under planlegging, og følges opp og kontrolleres under gjennomføring (16, s.28).



---

### **3.1.5 Hvorfor fremdriftsplanlegge?**

I et byggeprosjekt er det mange ulike aktører som skal jobbe sammen. For at ønsket resultat skal oppnås er en avhengig av et godt samarbeid. For at alle skal vite hvem som skal inn når i prosessen, må det foreligge en god fremdriftsplan slik at byggeplassen er klar når en ny arbeidsoppgave skal påbegynnes. Uten en fremdriftsplan er det vanskelig for aktørene å vite når deres del av arbeidet skal utføres.

### **3.1.6 Fallgruver i forbindelse med fremdriftsplanlegging**

Det er ulike parametere som gjør at planleggingen av et prosjekt ikke blir god nok. I samtale med Roar Fosse (17) trekker han frem følgende punkter som sentrale fallgruver:

- Feil detaljnivå til feil tid. Medfører at en bruker verdifull tid på planlegging som viser seg å ikke stemme overens med virkeligheten.
- Uklare planleggerroller. Gjelder som regel mellom prosjekt-, anlegg-, og produksjonsledere. Dersom det ikke er et godt samarbeid mellom ovennevnte roller, eller at de ikke holder seg til sitt planleggingsnivå, kan det medføre uorden og diversitet.
- Bakoverplanlegging med dårlige forberedelser. Dersom øktene med bakoverplanlegging har dårlig styring, eller bærer preg av dårlige forberedelser, kan det gi feilaktige faseplaner. Det kan bli kritisk for prosjektet å følge en slik plan over en lenger tidsperiode.
- Ikke tilstrekkelig egnet planleggingsverktøy. Det eksisterer flere gode programmer til hovedplanen, men som ikke gir stor verdi på ukenivå, og motsatt. Kun et fåtall av planleggingsverktøyene som finnes er adekvat for å knytte de ulike plannivåene sammen.

I tillegg kan det være verdt å nevne fallgruver tilknyttet planleggingsoptimisme når det kommer til ressurser som tid og kostnad. Det kan bidra til stor frustrasjon for de berørte, og medføre store ekstrakostnader i prosjektet (18, s.15-16).

## 3.2 Planleggingsmetodikk

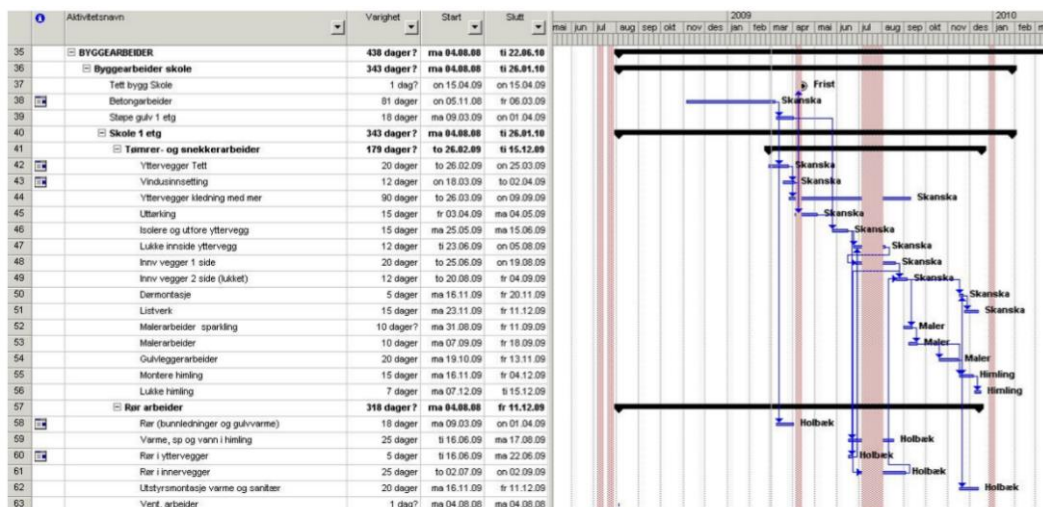
God planlegging fremtrer som fundamentet for et vellykket prosjekt. For det første er det viktig for å sikre at rett produkt leveres til avtalt tid, innenfor gitt kostnadsramme og med riktig kvalitet. For det andre vil det bidra til en vesentlig reduksjon av aktivitetskollisjoner, usikkerhet og andre uforutsigbare hendelser. Planlegging handler også om å estimere varighet på aktiviteter som skal gjennomføres i et prosjekt, samt se avhengighetene mellom dem. Disse opplysningene organisert i en plan danner grunnlaget for en fremdriftsplan (19, s.39).

### 3.2.1 Tradisjonell fremdriftsplanlegging

Dette delkapittelet tar for seg de klassiske metodikkene for å organisere og planlegge et arbeid. Tradisjonelt sett er det to overordnede planleggingsteknikker som har vært brukt i byggebransjen: nettverksdiagram og Gantt-diagram (20, s.156).

## GANTT

Gantt-diagram er den mest benyttede måten å presentere en fremdriftsplan på. Det ble utviklet av Henry Gantt i 1917, og ble raskt populært grunnet det enkle, oversiktlige designet (14, s.327). Et slikt diagram fremstiller et nettverk av aktiviteter, og deres varighet knyttet opp mot en overordnet, lineær tidslinje ved hjelp av barer. På denne måten blir hver enkelt aktivitet sin start og slutt lett synlig. I tillegg kan diagrammet inneholde informasjon om ressursbruk knyttet til hver aktivitet, men det krever manuell input.



Figur 3- 4: Eksempel på Gantt-diagram (21)

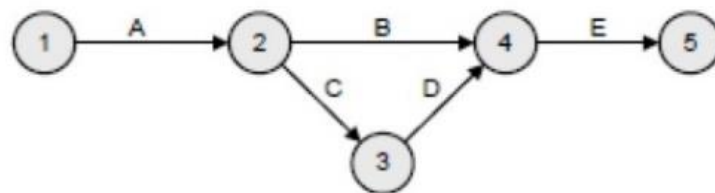
Et digitalt Gantt-diagram er enkelt å oppdatere, og det er mulig å legge inn faktisk fremdrift i løpet av prosjektperioden. Diagrammet er derfor godt egnet for oversiktlig fremdriftsoppfølging. I dag er det vanlig å kombinere Gantt-diagram med nettverksdiagram for å illustrere linken mellom avhengige aktiviteter. Ulempen med betingede aktiviteter i Gantt er at det fort kan bli en rotete fremstilling som øker med antall aktiviteter. Det forekommer heller ingen avstemming av forutsetninger for aktivitetene. For å sikre at det planlagte arbeidet i det hele tatt kan utføres kreves alle de 7 forutsetningene for sunne aktiviteter tilfredsstillende. Sunne aktiviteter er tydeligere beskrevet under The Last Planner System i kapittel 3.5.2 *Nyere fremdriftsplanlegging*.

### Nettverksdiagram

Nettverk presenteres ved hjelp av knutepunkter og linjer, som representerer hendelser og/eller aktiviteter, samt relasjonene mellom dem. Nettverksplanlegging er en teknikk som er mye benyttet ved planlegging av store prosjekter. Det er en enkel måte å håndtere avhengigheter mellom aktiviteter med hensyn til rekkefølgen de gjennomføres i (20, s.177-178). Det er hovedsakelig to måter å fremstille et nettverksdiagram på: AOA- og AON-nettverk.

#### AOA-nettverk

AOA-nettverk står for «Activity on Arc», og benytter linjene til å representere aktivitetene, mens knutepunktene blir følgelig hendelser (20, s.158). Figur 3-5 viser et eksempel på AOA-nettverk.

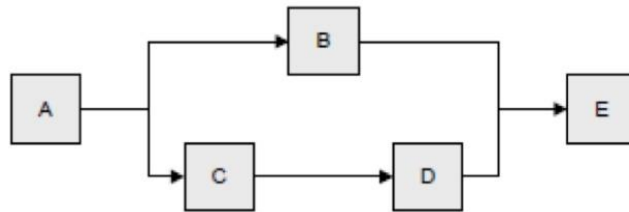


Figur 3- 5: Eksempel på AOA-nettverk (20)

I praksis er det ikke AOA, men AON som er mest utbredt og benyttet i dag. Av den grunn fokuseres det videre på denne nettverkstypen når nettverksteknikker skal presenteres (20, s.159)

### AON-nettverk

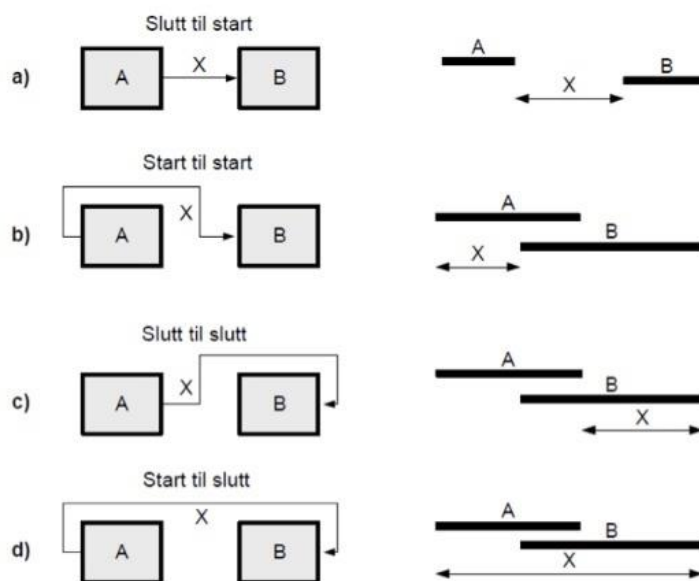
AON-nettverk står for «Activity on node», hvorav aktivitetene representeres ved knutepunkter, mens linjene angir rekkefølgerelasjoner (20, s.158). Et slikt nettverk er vist i Figur 3-6.



Figur 3- 6: Eksempel på AON-nettverk (20)

Mellom aktivitetene i et nettverk finnes det ulike typer avhengigheter. De nettverkene som er representert til nå, har vært av typen «B kan starte når A er ferdig», men i virkeligheten kan man godt tenke seg at aktivitet B kan starte når A er 20% ferdig. I praksis er slike situasjoner veldig vanlig, da det ofte skjer overlapping mellom de forskjellige aktivitetene. Et AON-nettverk som kan representere slike «overlappinger», blir kalt et presedensnettverk (20, s.159).

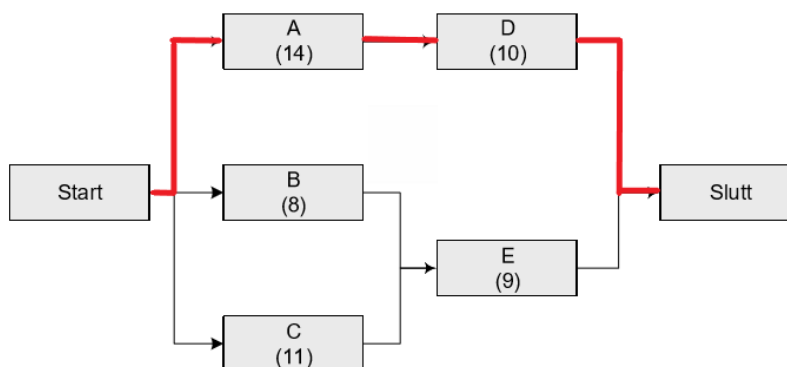
Det er fire ulike typer avhengigheter som fremkommer i et slikt presedensnettverk. Disse er oversiktlig illustrert i Figur 3-7.



Figur 3- 7: Aktivitetsavhengigheter i presedensnettverk (20)

## CPM

Critical Path Method (CPM) er en metode for å bestemme prosjektets sluttdato, samt hvilke aktiviteter som direkte påvirker prosjektets varighet, altså den kritiske veien. For å benytte seg av CPM må tidsanslaget for varigheten til hver aktivitet være deterministisk. Det vil si at aktivitetene må være vel definert, og en burde ha kjennskap til de fra før. For å gjennomføre en nettverksberegning må man derfor kjenne til hvilke aktiviteter som inngår, avhengighetene mellom dem, og varigheten til hver enkelt aktivitet (20, s.162). Ut fra denne informasjonen kan det settes opp et nettverksdiagram, som illustrert i Figur 3-8.



Figur 3- 8: AON-nettverk med kritisk vei markert med rødt (20)

Deretter foretas en fremover- og bakoverberegning som angir aktivitetenes tidligste start (ES), tidligste slutt (EF), seneste start (LS), seneste slutt (LF) og til slutt flyt (20, s.165). Den kritiske veien fremkommer etter denne prosessen hvorav flyten, som er fleksibiliteten til aktiviteten, angir hvilke aktiviteter som er kritiske og direkte kan påvirke prosjektets totale varighet. Der flyten er lik null anses aktiviteten som kritisk, og sammenhengen mellom flere slike aktiviteter danner den kritiske veien. Denne metoden er i dag automatisert og innebygd i flere moderne programvarer. En slik digital prosess forenkler og muliggjør bruken av elektroniske Gantt-diagram slik at den manuelle metoden som benyttes ved nettverksdiagram utgår (21). Svakheten med CPM er at varighetene er oppfattet som deterministiske størrelser, mens de i virkeligheten er usikre størrelser (20, s.184).

---

## **PERT**

Program Evaluation and Review Technique (PERT) ble utviklet på slutten av 1950-tallet ut fra et økende behov for hjelpemidler som knytter planer og fremdriftsrapporter på ulike nivåer opp mot det overordnede målet i store komplekse prosjekter. De grunnleggende konseptene for PERT ble utarbeidet av en egen gruppe i 1957 og omfatter:

- Grundige tidsestimater for alle aktiviteter
- Tidsestimatenes eksponering for usikkerhet
- Nøyaktig kjennskap til den rekkefølgen aktivitetene må utføres i

PERT tar utgangspunkt i at varighetene følger en statistisk fordeling med kjent forventningsverdi og varians. For å beregne ovennevnte er en avhengig av tre estimater: den korteste tenkelige varighet (optimistisk), den mest sannsynlige varighet (realistisk) og den lengste tenkelige varighet (pessimistisk). Disse estimatene legges til grunn for å beregne forventningsverdien som angir varighet, samt de ulike sannsynlighetene for å gjennomføre prosjektet innenfor tidsfristen (20, s.11,184-186).

Utenom dette er beregningsmetoden for prosjektets totale varighet og fleksibilitet lik som hos CPM. Den største forskjellen mellom disse to teknikkene er hvordan aktivitetenes varighet beregnes ut fra stokastiske eller deterministiske anslag. På grunn av dette egner CPM seg best der en har sikker erfaringsdata å bygge anslagene for varigheten på, mens PERT benyttes der varigheten er vanskelig å forutsi (20, s.12).

### **3.2.2 Nyere fremdriftsplanlegging**

De tradisjonelle planleggingsteknikkene har i mange år dominert byggebransjen, men med et økende behov for ytterligere presisjon fremkommer svakheter i disse etablerte teknikkene. Blant annet oppstår det problematikk rundt ressursfordeling kontra arbeidslokasjon, noe som ikke fremstilles i de tradisjonelle metodene. Av den grunn har en annen planleggingstilnærming blitt ansett som hensiktsmessig; lokasjonsbasert planlegging (22, s.81-82). I tillegg har teknikker som «trimmet bygging», bedre kjent som Lean Construction, blitt mer implementert i dagens planleggingsteknikker for å effektivisere produksjonsprosessen og minimere sløsing.

## Skråstreksplanlegging

Skråstreksplanlegging, eller Line of Balance, er en mye brukt lokasjonsbasert planleggingsteknikk. Teknikken fokuserer på produksjonseffektiviteten ettersom arbeidet forflyttes gjennom ulike lokasjoner (22, s.123). Konstruksjonen deles inn i hensiktsmessige soner, både vertikalt og horisontalt, og fremdriftsplanen utarbeides med hensyn til denne inndelingen. I et skråstrekdigram går én aktivitet over flere lokasjoner, mens i et Gantt-diagram er det én aktivitet for hver lokasjon (23, s.22). Visuelt sett er de horisontale barene fra Gantt-diagrammet erstattet med en enkel strek som strekker seg gjennom både tid og rom, derav navnet skråstreksplanlegging (23, s.20). Dette illustreres i Figur 3-9.



Figur 3-9: Eksempel på skråstrekdigram (19)

Et slikt diagram inneholder i tillegg oversiktlig informasjon om produksjonsrate og kollisjoner, samt tid- og sted buffere. Produksjonsraten vises i stigningen til hver enkelt skråstrekk som illustrerer en aktivitet. Desto brattere den er, jo høyere rate. Kollisjoner fremkommer der én eller flere linjer krysser hverandre, noe som er lett identifiserbart i et slikt diagram. Konflikter er markert med røde sirkler vist i Figur 3-9: *Eksempel på skråstrekdigram*. Her kan det oppstå konflikt mellom arbeidslag som jobber på samme sted til samme tid, men med forskjellige aktiviteter. Tid- og stedbuffer er avstanden mellom diverse tilliggende aktiviteter enten på tid- eller stedaksen, og indikerer den planlagte bufferen mellom dem.

Sammenlignet med Gantt-diagrammet vises for eksempel Start-to-start og Finish-to-finish-relasjonene på en bedre måte ved en slik fremstilling av planen. Hva som er den kritiske

---

veien, er derimot vanskeligere å identifisere ved bruk av skråstreker, og man må derfor tenke seg at alle aktivitetene er kritiske (19, s.51).

Lokasjonsbasert planlegging håndterer jevnt arbeid for arbeidslagene eksplisitt, i tillegg til å beskytte og optimalisere produksjonen. Det er den første planleggingsteknikken som inneholder både organisering av aktivitetenes sekvenser, samt sekvensarbeid for produksjonseffektivitet. Lokasjonsbasert planlegging benytter seg av to type definisjoner: aktiviteter og oppgaver; hvor en oppgave består av en rekke aktiviteter i forskjellige soner. Det blir benyttet ekstern logikk fra CPM for å definere koblingen mellom de ulike aktivitetene innenfor sonene de forekommer i. Deretter betraktes den interne logikken tilknyttet oppgaven. Dette gjøres ved å kalkulere varighet basert på enheter, og tillater dermed planleggeren å planlegge sonesekvensen og produksjonsraten slik at jevn produksjon tilfredsstilles (22, s.123-124).

### **Taktplanlegging – når skråstrekeene går helt parallelt**

Bruken av taktplanlegging i byggebransjen har sin opprinnelse fra (Lean) fabrikkproduksjon, der produksjonsraten er satt lik etterspørselsraten (24, s.4). Taktplanlegging blir sett på som en metode for å strukturere arbeid. Det legger grunnlaget for å utarbeide et produksjonssystem som har sammenhengende og jevn flyt i arbeidsutførelsen. Hovedfunksjonen er å skape en produksjonsplan som kan styre og kontrollere arbeid både på og utenfor byggeplassen, samt sørge for balansert arbeidsflyt for et bestemt omfang arbeid i det tildelte tidsrommet. Omfanget spenner seg gjerne over en byggefase, det vil si en periode hvor n antall fag må utføre interrelatert arbeid. «Balansert» refererer til ønske om stabil arbeidshastighet som samsvarer med etterspørselsraten for hvert arbeidslag gjennom en sekvens av soner. En nøkkelkarakteristikk for taktplanlegging er at hvert arbeidslag må ferdigstille sitt arbeid innenfor den respektive gitte sonen og til avsatt tid, også kalt takt-tiden. Denne designparameteren, når den er bestemt, vil være konstant gjennom hele fasen. For å oppnå og sikre pålitelig ferdigstilling benyttes kapasitetsbuffer. Det vil si at produksjonseenhetene må underbelastes slik at hvert arbeidslag kun jobber 70-80% av sin fulle kapasitet (24, s.5).

Når en sammenlikner skråstreksplanlegging mot taktplanlegging vil de ha flere likheter enn forskjeller. De to metodene varierer mest i hvordan tidsplanen blir kontrollert. Skråstreksplanlegging har en tilnærming «ovenfra og ned» der funksjonærer følger opp fremgangen, lager prognoser og identifiserer problemer som deretter løses basert på



---

tverrfaglig samarbeid. Derimot baserer taktplanlegging seg på en visuell arbeidsplass som gjør det klart for alle involverende hvem og hvor respektivt arbeid utføres, for så å distribuere kontrollen. Selv om underentreprenørene oppdaterer fremdriften til anleggsleder fortløpende, kan de fortsatt jobbe så lenge de ferdigstiller avtalt arbeid, innenfor tildelt tid og rom. Det fremkommer også noen forskjeller ved hvordan metodene distribuerer ressurser. Skråstreksplanlegging fokuserer på å kjøre full kapasitet på produksjon, og bruke samme størrelse på arbeidslaget kontinuerlig gjennom hele fasen. Varigheten ved full kapasitet antar optimal produksjonsrate («optimal» er her definert som fri for eventuelle årsaker til interferens). Produksjonsoppgavene får deretter tidsbuffere for å sikre produktiv bruk av ressursene. I motsetning velger taktplanlegging å underbelaste arbeidslagene for å opprettholde betimelig og forutsigbar overlevering til neste arbeidslag som skal inn. Dermed forventes ferdigstilling av arbeidet før takt-tiden, og de kan deretter jobbe «off takt» som vil si at laget utfører andre nødvendige arbeidsoppgaver. Det kan eksempelvis være forberedelser og befaring til neste takt-sekvens, «workable backlog», arbeid som er blitt utelatt på grunn av tidsmessige årsaker, eller forbedre sitt arbeid. Hvis arbeidslaget jobber alt for raskt i forhold til takt-tiden kan det være nødvendig å redusere bemanningen (24, s.8-9).

### **Leanbaserte arbeidsmetoder**

Konseptet Lean stammer fra bilproduksjon i Japan hvor Toyota produserte biler på samlebånd med små buffere, sammenlignet med det som da var vanlig i amerikansk og europeisk bilproduksjon. Etter andre verdenskrig måtte japanerne finne en måte å møte konkurranse utenfra på, gitt de betingelsene som forelå. Med politisk vilje til å beskytte en umoden industri, god tilgang på flinke folk fra krigsindustrien, mangel på kapital og behov for mange forskjellige typer kjøretøy lærte japanerne seg å bruke samme maskiner til mange oppgaver og teknikker for å få til raske omstillinger. Ved å sikre kontinuerlig flyt i produksjonen og solid omstillingsevne klarte japanerne å kjempe mot de store vestlige bilprodusenter. Leans filosofi er å identifisere og eliminere sløsing, altså fjerne ikke-verdifulle aktiviteter. Denne tankegangen har senere blitt et utbredt begrep som blir brukt om en generell tilnærming til produksjon, kontinuerlig forbedring og om et spesifikt produksjonssystem for serieproduksjon (12, s.20).

---

### Lean Construction

Lean Construction (LC) er en samlebetegnelse for teorier og praktiske planleggingsverktøy knyttet til byggeplassproduksjon (25, s.13). LC er basert på Lean Production som ble utviklet for å skape økt flyt og unngå sløsing, og er tilpasset byggeplassens særegne produksjon og logistikk (22, s.107).

Den viktigste forskjellen fra tradisjonell logistikkstyring er at det ikke er planleggeren som er sentral i bedriftsorganisasjonen, men basene og arbeidslagene selv. «The Last Planner», altså den siste planleggeren, skal trekke arbeidsoppgaver til bygget når de er klare for utførelse. (25, s.13).

Tradisjonelt sett i bygg- og anleggsbransjen har det vært fokus på effektivisering av hver enkelt arbeidsoperasjon for å forbedre produktiviteten. LC hevder at en best kan øke prosessens samlede effektivitet ved å rette oppmerksomheten mot styringen av samspillet mellom aktivitetene. Prosjektstyringens viktigste oppgave blir da ikke å sørge for at hver faggruppe eller underentreprenør utfører arbeidet på kortest mulig tid, men å legge til rette for jevn flyt i den samlede produksjonsprosessen (25, s.13).

Det er også flere viktige faktorer i LC som skiller seg ut fra tradisjonell planlegging. Blant annet er det to dimensjoner som vektlegges i LC når det er snakk om produktivitet: fysisk og sosial. Den fysiske logistikken legger vekt på produktivitet som et koordineringsproblem, mens den sosiale fokuserer på produktivitet som et kollektivt samhandlingsproblem. Den sosiale logistikken er vel så viktig som den fysiske for å oppnå det overordnede målet; mest mulig effektiv leveranse. Alle aktørene i byggeprosessen må oppleve at det lønner seg å handle og tenke kollektivt, i stedet for å se seg selv isolert fra de andre aktørene i byggeprosjektet. En annen sentral faktor i LC er at planlegging og problemløsning skal foregå på et så lavt nivå som mulig, både i prosjektorganisasjonen og i den daglige produksjonen. Det vil si at tradisjonelt sett har en bas henvendt seg til sin formann som videre har forholdt seg til prosjektleder for å løse et oppstått problem mellom ulike fag. I LC praktiseres et tettere samspill mellom de ulike aktørene direkte ved at basene for hvert fag løser problemene internt seg imellom, uten å ta det gjennom byggeplassledelsen. Dette gir en endring av lederroller, og gjør at deler av beslutningsmyndigheten flyttes nedover i prosjektorganisasjonen. Derfor vil byggeplassledelsen fungere mer som tilretteleggere, og et bindeledd for kollektiv samhandling (25, s.14-15).

---

LC bygger på fem sentrale prinsipper: verdiidentifisering, kartlegging av verdistrøm, flyt, «pull» prinsippet, og kontinuerlig forbedring (12, s.44).

1. Verdiidentifisering omhandler definering og spesifisering av hva som er verdi for kunden. Påfølgende skal også målet til sluttproduktet defineres (26).
2. Deretter kartlegges verdistrømmen, bedre kjent som «Value Stream Mapping». Her kartlegges det bestemte produktets forsyningskjede fra råmateriale til ferdig produkt. Målet er å identifisere og eliminere steg i prosessen som ikke tilfører verdi (27).
3. Neste steg er å skape flyt gjennom verdistrømmen slik at resten av prosessen får en jevn kontinuitet uten forstyrrelser, forsinkelser eller flaskehals. Dette steget krever tverrfaglig samarbeid, noe som er en stor endring fra tradisjonell prosessgruppering (26).
4. Forbedret flyt tilrettelegger for raskere levering av produkter og tjenester når det er bruk for dem, eller «just in time». Målet er å frigjøre materialer eller igangsette aktiviteter basert på den pågående prosessen, istedenfor forhåndsbestemte tidspunkt (26). I «Pull» planlegging er et av prinsippene at en skal starte på de ulike aktivitetene basert på den faktiske tilgjengeligheten til ressursene (28, s.31).
5. Det siste, og kanskje viktigste, prinsippet er å tilstrebe kontinuerlig forbedring (26). Fundamentet i Lean er å levere feilfrie tjenester og produkter gjennom å produsere verdi for kunden og å gjøre det så effektivt som mulig (29). Det vil si at arbeids- og produksjonsprosessen til stadighet kan forbedres, og at det er viktig å ta lærdom av tidligere erfaringer. Som Albert Einstein en gang sa «Galskap er å gjøre det samme om og om igjen og forvente et annet resultat» (29).

Når en sammenlikner Lean mot et mer tradisjonelt system fremkommer denne nye tilnærmingen som en radikal avstikker fra foregående praksis. Ballard (8) har utarbeidet en oversiktlig tabell hvor disse sammenliknes, den er vist i Tabell 3-1: *Sammenligning av Lean mot tradisjonelt system*.

Tabell 3- 1: Sammenligning av Lean mot tradisjonelt system (8)

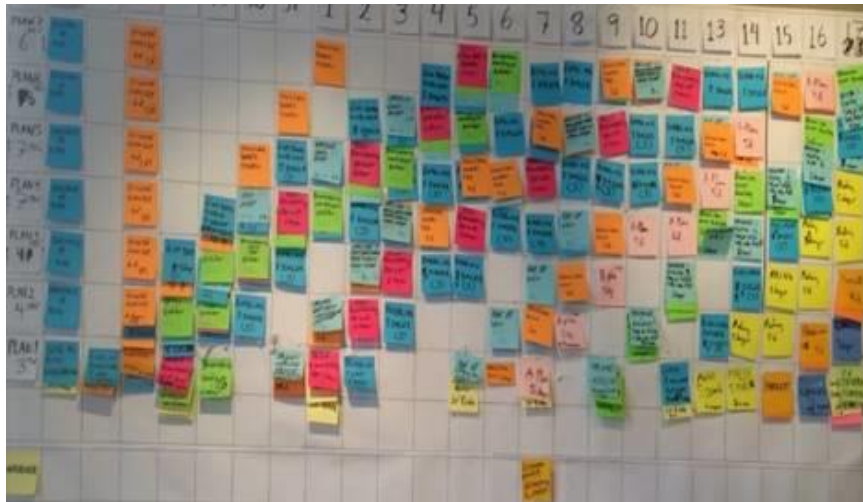
Lean	Tradisjonelt
Fokus på produksjonssystemet	Fokus på transaksjoner og kontrakter
TFV <sup>3</sup> mål	T mål
«Downstreams» aktører er involvert i avgjørelser «upstreams»	Avgjørelser er tatt av sekvensielt av spesialister og «kastet over muren»
Produkt og prosess er designet parallelt	Produktdesign er ferdigstilt før prosessdesign starter
Alle stadiene i produktets livssyklus er vurdert i designet	Noen av stadiene i produktets livssyklus er vurdert i designet
Aktiviteter er utført i siste ansvarlig øyeblikk	Aktiviteter er utført så fort som mulig
Systematiske tiltak er implementert for å redusere forsyningskjedens ledetid	Separate organisasjoner linkes sammen gjennom markedet, og tar hva markedet tilbyr
Erfaringsbasert læring er implementert i prosjektet, firmaet og forsyningskjedens ledelse	Erfaringsbasert læring forekommer sporadisk
Aksjonærers interesser er vel bevart	Aksjonærers interesser er ikke vel bevart
Buffere er dimensjonert og lokalisert for å utføre deres funksjon av å absorbere systemvariabilitet	Involverte oppsamler store lager for å beskytte sine egne interesser

### The Last Planner System (LPS)

Upålitelige planer er et kritisk problem i byggebransjen. Ballard og Howell (30) foreslo at skjermet produksjon og stabilisering av arbeidsflyt er mulige løsninger på problematikken. Disse to, i samarbeid med andre LC-researchere, utviklet på grunnlag av denne forskningen The Last Planner® System for å stabilisere arbeidsflyt og sikre større planpålitelighet. LPS har etter hvert etablert seg til å bli et svært ettertraktet metodikk i bransjen for planleggingsformål (31, s.548).

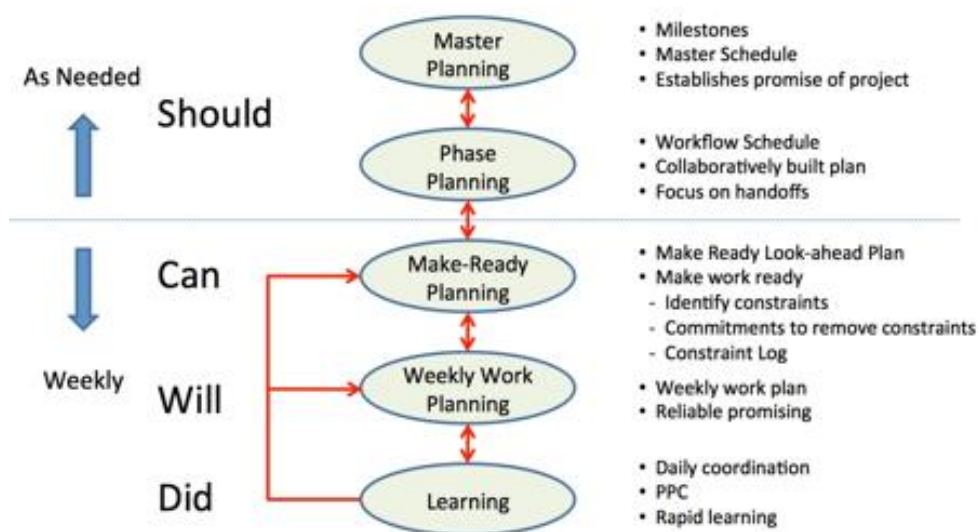
---

<sup>3</sup> TFV: Transparency, flow and value.



Figur 3- 10: Eksempel på LPS i byggeprosjekt (17)

LPS er en planlegging-, oppfølging- og kontrollverktøy som følger LC prinsipper (31, s.549). Det er strukturert gjennom et planhierarki hvor hvert nivå medfører forskjellige tilnærminger til fremdriftsplanlegging. Siden byggeprosjekter har stor kompleksitet, anses det som mest hensiktsmessig å utføre detaljplanleggingen så nærme utførelsen som mulig, altså «just in time». Hovedfunksjonen til LPS er å utvikle planer som direkte er tilknyttet de faktiske arbeidsoppgavene som skal gjennomføres i kort tid før utførelse (31, s.549). Disse detaljerte arbeidsplanene utarbeides ofte av basene på byggeplassen som fungerer som «The Last Planner» før produksjonen igangsettes.



Figur 3- 11: Last Planner System (32)

---

LPS er organisert i fem deler: Hovedplan, faseplan, utviklingsplan (eng: *lookahead schedule*), ukeplan og læringsutbytte. I tillegg er disse igjen delt inn i BURDE, KAN, VIL og GJORT, inndelingen er illustrert i Figur 3-11. Disse begrepene indikerer altså hva som BURDE gjøres, hva som KAN gjøres, hva som VIL gjøres og til slutt hva som ble GJORT. De to første delene i LPS kan ses på som strategiske, og fokuserer på å identifisere arbeidet som BURDE utføres for å oppnå et suksessfullt Lean prosjekt. LPS benytter et «pull»-system i kontrast med tradisjonell prosjektplanlegging som baserer seg på «push». Dette benyttes spesielt ved utforming av faseplanen. Tilnærmingen følger en sentral Lean-praksis for å utvikle flyt ved å starte med den endelige tilstanden som kreves for å fullføre en fase. Videre utarbeides en sekvens av arbeidsoppgaver. Denne sekvensen er preget av kundeforespørsler og de utførende sine løfter for å tydelig definere hvordan arbeid vil bli frigjort fra en operasjon til en annen. Faseplanleggingen er vesentlig slik at teamet kan planlegge riktig tempo for arbeidet for videre å oppnå jevn flyt og begrenset variasjon (32).

Den tredje delen av LPS fokuserer på å sikre at arbeidet KAN utføres. Her kartlegges begrensninger for de kommende aktivitetene identifisert under faseplanleggingen (32). Det er viktig at forutsetningene for å kunne gjennomføre aktivitetene er tilrettelagt. Skinnarland og Moen (25) oppgir i «Mot en mer inkluderende byggeplassproduksjon i Kruse Smith» 7 forutsetninger for sunne aktiviteter, og de lyder som følger:

1. *Forutgående aktiviteter* må være ferdigstilt og av riktig kvalitet for at det skal være mulig å starte på neste aktivitet
2. *Prosjekteringsgrunnlag* må inneholde korrekt data. Underlag som tegninger, beslutninger og beskrivelser må inneholde nøyaktig informasjon
3. *Utstyr* som er tilfredsstillende med tanke på effektivitet, sikkerhet og belastning må være tilgjengelig
4. *Bemanning* med riktig kompetanse og kapasitet til å utføre arbeidet er nødvendig
5. *Materiell* som skal brukes må være tilstede med riktig kvalitet og mengde
6. *Tilstrekkelig plass* til å utføre aktiviteten. Det må være ryddet og klargjort plass før arbeidet påbegynnes
7. *Ytre forhold* må være tatt høyde for. Eksempel på ytre forhold kan være alt fra vær til offentlige tillatelser

(28, s.27)

Den fjerde delen av LPS omhandler hva «siste planlegger» skal gjøre for å oppfylle løftene som ble gjort under faseplanleggingen. Det utarbeides en ukeplan hvor man identifiserer oppgavene hvert lag SKAL fullføre hver dag den påfølgende uken. Pålitelighet er viktig i utviklingen av disse delte planene (32). De planlagte aktivitetene er detaljert beskrevet, og optimalisert i forhold til produktivitet. Videre benyttes ukeplanen til å utforme en oversiktlig fremstilling av konkrete aktiviteter som presenteres i et lappeformat. En lapp representerer en aktivitet som SKAL utføres, og den fjernes når arbeidsoppgaven er utført. Lappene er plassert i et rutenett med en kronologisk tidslinje, og henger gjerne på veggen på prosjektkontoret slik som illustrerer i Figur 3-12: *LPS i praksis*. En slik planleggingsmetodikk bidrar til en mer kontrollert og effektiv arbeidsflyt (21, s.19).



*Figur 3- 12: LPS i praksis (17)*

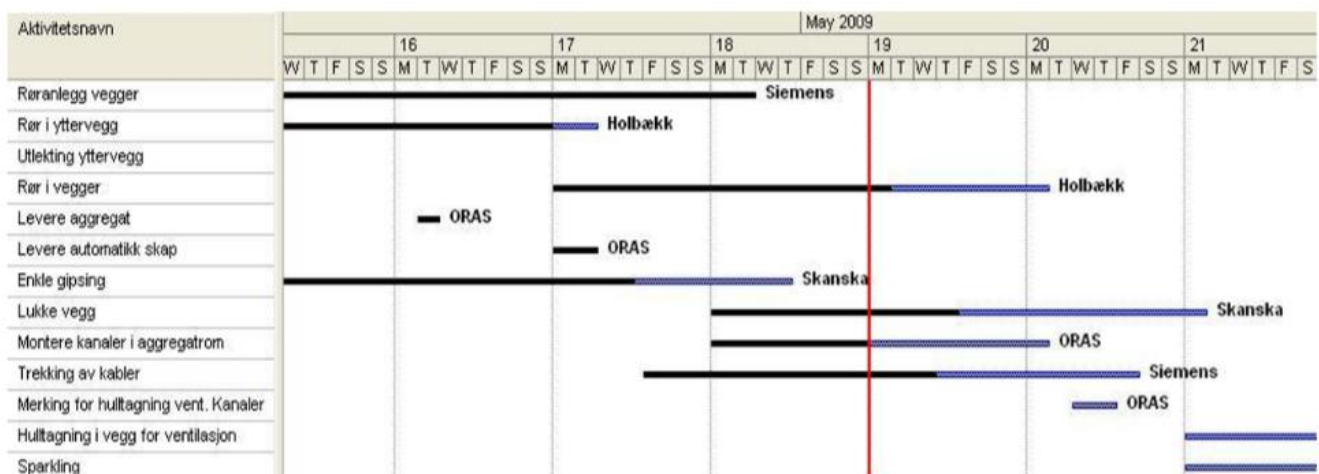
Femte og siste del av LPS fokuserer på å ta lærdom fra erfaringene teamet har gjort seg gjennom planleggingsprosessen. LPS gir to konkrete muligheter for læring. Den ene er gjennom det korte, daglige koordinasjonsmøtet hvor de «siste planleggerne» bekrefter om deres lag utførte det planlagte arbeidet den dagen. Hvis ikke, avtales tilpasninger som kreves for å holde planen for uken. De daglige tilpasningene er avgjørende da disse er enklere å foreta enn ukentlige, og ikke minst månedlige, justeringer. Den andre er gjennom analyser av noen utvalgte parametere. En av dem er Prosent Plan Utført (PPU, eng: *PPC*). Det er en måling av prosentandelen av ukentlige planlagte oppgaver som ble gjennomført som planlagt. En annen er «Tasks Made Ready», som er en måling av prosentandelen oppgaver identifisert under faseplanlegging som var klar til påbegynnelse som planlagt (32). Måling av ytelse på LPS-nivå betyr ikke at endring i planlegging kun skal skje på dette nivået. Bakenforliggende årsaker til dårlig plankvalitet eller manglende gjennomføring av planlagt arbeid kan eksistere på alle organisatoriske nivå, prosesser eller funksjoner. Derfor kan en analyse av slike parametere være elementært for utvikling av gjennombruddsinitiativer (8, s.3-4).

### 3.2.3 Måling og oppfølging av utført arbeid

Byggebransjen er kjent for å være dårlig til å tallfeste data som beskriver produktiviteten og fremgang i prosjekter grunnet uforutsigbarhet og kompleksitet (21, s.60). Prosjekt fremdrift er et kvantitativt uttrykk for hvor langt et prosjekt har kommet i forhold til det estimatet (av ressurser, tid og kostnad) det arbeides mot. Fremdrift registreres både i volum og tid. For å kunne gjøre prosjektoppfølgning må det også etableres et felles kvantitativt uttrykk for omfanget av arbeidet. En nærliggende måte er å benytte fysiske enheter, men i praksis er ulempen at ulike arbeidsoppgaver bruker forskjellige måleenheter. Et alternativ er derfor å benytte standard timeverk eller kroner, ut fra en etablert estimeringsnorm. For alle arbeidsintensive oppgaver vil disse være adekvate fellesmål (20, s.326,342).

#### Tradisjonell fremdriftsoppfølging

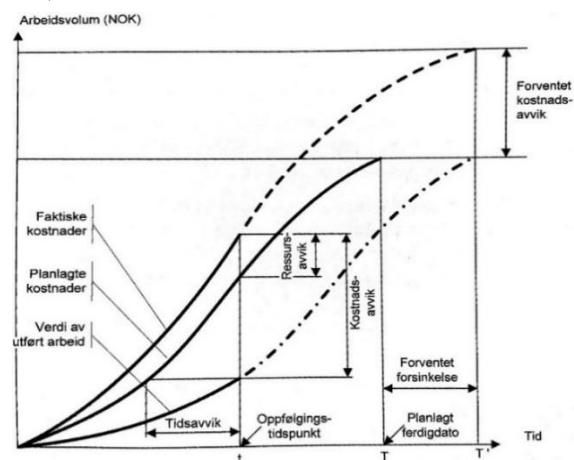
Tradisjonelt sett deles fremdriftsoppfølgingen inn i tid og volum. Tidsfremdrift oppgir utført arbeid i prosent ferdig, og registreres med frontlinjediagram i Gantt eller mot et nettverk. Dette illustreres med prosentvis skraverte eller fargede barer som tilsvarende det utførte arbeidet hos hver enkelt aktivitet, som vist i Figur 3-13: *Tidsfremdrift i Gantt*. Her fremkommer hvilke aktiviteter som ligger foran eller etter planen, samt det eventuelle avviket i kalendertid som måtte forekomme. Dette er en enkel og oversiktlig måte å fremstille tidsfremdrift på, og egnert seg godt på overordnet nivå når det ikke er mange aktiviteter som vises (20, s.348).



Figur 3-13: Tidsfremdrift i Gantt (23)



Volumfremdrift baserer seg på prinsippet for inntjent verdi. Her skiller det mellom planlagt (PV), faktisk (FV) og inntjent verdi (IV), hvor enhetene kan uttrykkes enten gjennom arbeidsvolum eller kostnader. Kurven for PV, også kalt S-kurven, kan lages så snart prosjektoppfølgingsreferansen (tid, ressurs og kostnad) er etablert (20, s.328,331,351). S-kurven viser akkumulerte arbeidstimer, eller kostnader, for prosjektet langs den vertikale aksene og tid langs den horisontale. Formen til kurven fremkommer fordi ressursbruket målt i timer eller kroner, som oftest er lavest i begynnelsen av prosjektet, når en topp i gjennomføringsfasen og avtar ved prosjektavslutning. Når prosjektet er påbegynt kan S-kurven benyttes som oppfølgingsverktøy ved at de to andre kurvene også kan beregnes (14, s.401-402). FV utgjør det arbeidsvolum eller kostnader som har påløpt i prosjektet ved oppfølgingspunktet, slik som innkomne fakturaer og timelister. Det som imidlertid ikke fremkommer så tydelig i diagrammer med kun PV og FV, er fremdriften med hensyn til leveranser og verdiskapning. Prinsippet for IV går derfor ut på å måle hva som faktisk er utført opp mot det som var planlagt utført. Dette vil gi et reelt mål på hvor langt prosjektet har kommet i forhold til planen. For å beregne IV må informasjon om den faktiske fremdriften foreligge, altså hvor langt hver aktivitet har kommet og hvilke aktiviteter som er avsluttet. Dersom det er vanskelig eller ressurskrevende å estimere prosentvis fremdrift for hver aktivitet, kan det etableres standardiserte beregningsregler for IV. I praksis vil innhenting av data for vurdering av IV ofte være det mest utfordrende ved bruk av denne metoden. Dette gjelder spesielt dersom store deler av arbeidet utføres utenfor egen organisasjon. Det anses likevel som svært verdifullt å innsamle denne informasjonen, da det bidrar til at prosjekt- og anleggsleder kan ha kontroll på fremdriften i prosjektet. Når alle tre kurvene er generert utarbeides prognoser for ferdigstillestid og -kostnad, samt at produktiviteten i prosjektet kan vurderes (20, s.332-335).



Figur 3- 14: Eksempel på volumfremdrift med prognose (20)

---

## Moderne fremdriftsoppfølging

PPU har de siste årene, i takt med implementering av Lean og LPS, fremkommet som et godt verktøy innen kontroll og oppfølging. Det er ansett som et enkelt og mer brukervennlig måleparameter i kontrast med de tradisjonelle som ofte er tunge, teoretiske og reaktive. Grunnen til dette ligger i tankegangen når planen utformes. Ifølge Ballard og Howell (30) tyder funn på at det store flertallet av feil for å fullføre planlagt arbeid ligger forankret i planens kvalitet. Følgelig, kan dette forbedres ved å optimalisere tilbudet eller kvaliteten på planleggingsinformasjonen, samt avklare og modifisere direktiver. (30, s.8). Problemet med tradisjonelle planer er at de er utformet basert på en «ovenfra og ned»-tilnærming, uten å involvere de som gjør selve jobben. Det gjør de lite lesbare, og planleggeren har en tendens til å fokusere for mye på selve produksjonsaktiviteten, og mindre på forutsetningene for om den faktisk kan utføres.

PPU benyttes som et standardisert målesystem hos de fleste som har innført LPS, og sier noe om hvordan produksjonen går i forhold til den planlagte fremdriftsplanen. Det vil si at den forteller noe om planens pålitelighet. PPU fremkommer ved å dividere antall utførte aktiviteter på det totale antallet planlagte aktiviteter, og viser en prosentvis planoppnåelse (25, s.18). Et prosjekt med lav planoppnåelse har i stor grad avveket fra den opprinnelige planen. PPU blir dermed en avgjørende faktor når kontroll utøves på produksjonsnivå, og utledes fra et ekstremt kompleks sett av direktiver som prosjektplaner, utførelsesstrategier, budsjettenshetersrater, osv. (8, s.3-4). Flere finner PPU vanskelig å følge opp, men det anses hensiktsmessig å gjennomføre en ukentlig måling (25, s.18). Først og fremst reduseres risikoen for variabilitetsutbredelse til flyt og oppgaver som forekommer i underliggende planer ved fokus på planrealisering (33, s.191). For det andre gir det en nødvendig statistikk, som videre kan avdekke systematiske feil som oppstår. Dette åpner muligheter for å implementere korrigerende tiltak, slik at feil kan lukes ut tidlig i prosjektets livsløp. Denne typen oppfølging legger også til rette for å lære underveis, ved å undersøke hvorfor avvik fra planen forekom. (25, s.18).

*«Kontinuerlig forbedring er av de viktigste faktorene i Lean. Så når du begynner å måle vil man ikke kun måle for kortsiktige grunner, en ønsker å måle for å generere analyser for å forstå hvorfor ting går galt. Det vil si, å finne årsaken til problemet som oppstår slik at en kan unngå lignende situasjoner i andre prosjekter»*

*- Dr. Bhargav Dave, CEO VisiLean*

---

Det første som trengs, er å identifisere grunner til at planlagt arbeid ikke ble gjort, helst av frontlinjeveiledere, funksjonærer eller fagarbeidere som er direkte ansvarlige for plangjennomføring. Årsaker til dette kan ifølge Ballard (8) være:

- Feilrettet informasjon eller direktiver ble gitt til «siste planlegger». For eksempel at informasjonssystemet feilaktig indikerte at informasjon var tilgjengelig, eller at forutsettende arbeid var fullført.
- Svikt i bruken av kvalitetskriterier for arbeidsoppgaver. Eksempelvis at for stor mengde arbeid var planlagt.
- Svikt i samkoordinering av delte ressurser. For eksempel mangel på en datamaskin eller plotter.
- Endring i prioritet. For eksempel at arbeidstakere flyttet midlertidig til en mer hastende oppgave.
- At design- eller leverandørfeil ble oppdaget i forsøket på å utføre en planlagt aktivitet.

Dette gir de første dataene som trengs for å analysere og forbedre PPU, og dermed øke prosjektets ytelse (8, s.3-4).

### **3.2.4 Digitale verktøy for fremdriftsplanlegging**

Ved å bruke digitale verktøy kan fremdriftsplaner enklere visualiseres på en oversiktlig måte. Det har med tiden blitt utviklet en mengde slike verktøy som formidler informasjon på en enkel måte (34, s.26). Likevel er det viktig å huske at selv om programmet er tilstrekkelig, er en avhengig av riktig input for å få utbytte av verktøyet. I dette delkapittelet presenteres noen av de vanligste programvarene som benyttes av byggebransjen i dag for å planlegge fremdriften av et prosjekt.

#### **Excel**

Microsoft Excel er et dataprogram i Office-pakken som kan benyttes for å fremstille et regneark. Programmet har kolonner og rader som danner celler. Hver celle har et navn representert av en bokstav og et tall, og cellen inneholder et datapunkt. I Excel kan en utføre beregninger ved hjelp av avanserte matematiske formler og funksjoner. I byggebransjen

---

benyttes Excel mest til enkle planleggingsarbeider, for eksempel en ukeplan. En slik oversikt er lett forståelig, og det er enkelt å tilpasse hvilken informasjon en ønsker å vise. En annen fordel med Excel er at det krever lite datakunnskap for å bruke programmet. (34, s.26)

### **Microsoft Project**

Når det kommer til fremdriftsplanlegging er Microsoft Project det mest benyttede programmene i dagens byggebransje. Opptil 95% bruker dette verktøyet til å planlegge i (12, s.63). Programmet har et oppsett med det tradisjonelle Gantt-diagrammet som gjør det enkelt å bruke. MS Project kan synkroniseres med blant annet kalender, rapportering, ressursplanlegging og budsjett. I programmet kan en også finne ut hvorfor forsinkelser oppstår, og hvilke aktiviteter som påvirkes av forsinkelsen.

### **Primavera Project Planner**

Primavera er et program konstruert for å kunne planlegge store, sammensatte prosjekter. Programmet har enda flere funksjoner enn MS Prosjekt, og på hvert enkelt prosjekt kan det kjøre opptil 100 000 aktiviteter. I tillegg har Primavera egenskaper som gjør det mulig å følge opp fremdriften i prosjektet. I Norge brukes programmet primært på anleggsprosjekter, fordi det er best egnet i prosjekter hvor få er inne for å gjøre endring (19, s.53-54)

### **Vico Control**

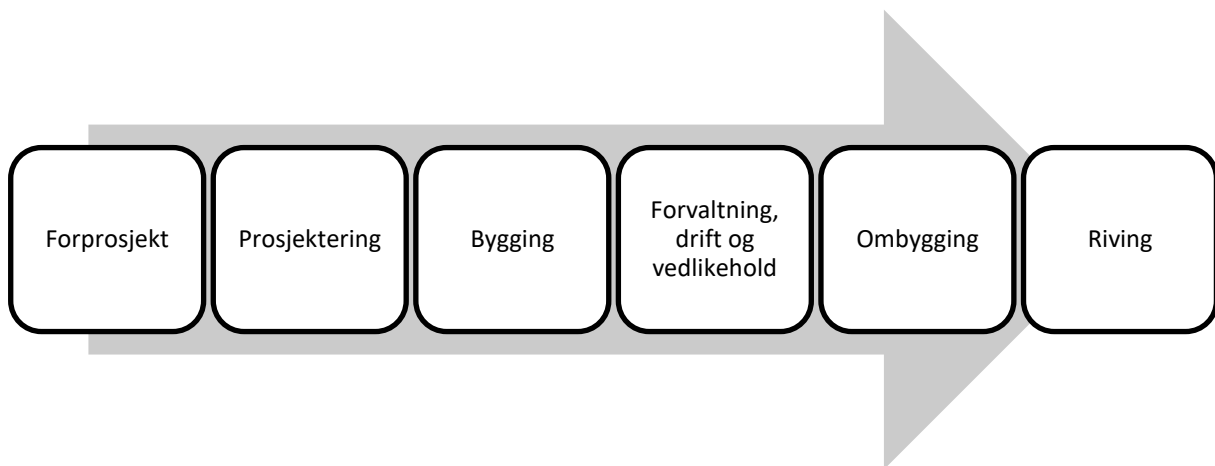
Vico Control er et verktøy basert på lokasjonsplanlegging, og benytter derfor flytfremstilling. Programmet er utviklet av Olli Seppänen, som regnes som en av de største autoritetene innenfor stedsbasert planlegging og taktplanlegging. Vico Control er godt egnet for generering og visualisering av taktplaner, fremfor Microsoft Excel som benyttes i dag. Det er et verktøy spesielt utviklet med taktplanlegging som formål, og vil kunne bidra positivt i utarbeidingen av planer, samt oppfølging underveis i prosjekter som planlegger etter lokasjon (35, s.VIII,33).

### 3.3 Bygningsinformasjonsmodellering

De siste årene har bygningsinformasjonsmodellering (BIM) for alvor gjort sitt inntog i den norske byggebransjen. Fra å være en bransje hvor fokus på digitalisering ikke har vært en stor del av hverdagen, har det nå utviklet seg til at de fleste benytter seg av denne typen teknologi i større eller mindre grad.

#### 3.3.1 Hva er BIM?

BIM er en forkortelse for «Building Information Modeling». Begrepet BIM brukes for å beskrive verktøy, prosesser og teknologier som fremstilles som digital, “maskin-lesbar” dokumentasjon. Det en BIM kan levere er informasjon om en bygning, dens ytelse, planlegging og drift. For å beskrive resultatet av modelleringsaktiviteten bruker vi begrepet bygningsinformasjonsmodell, eller byggemodell (36, s.586).



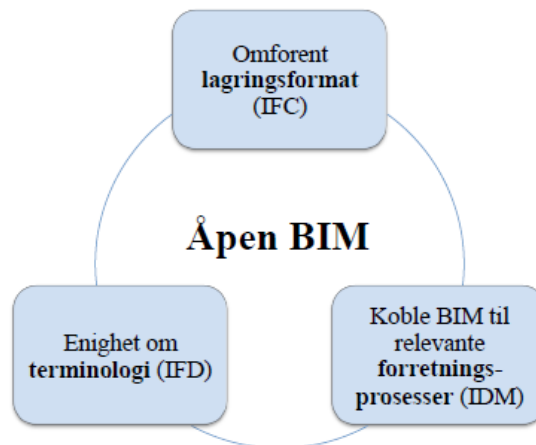
Figur 3- 15: Livsforløpet til et prosjekt

BIM er en av de mest lovende utviklingene innenfor arkitektur-, prosjektgjennomføring- og konstruksjonsbransjen. Ved hjelp av teknologi som BIM konstrueres en eller flere deler av en bygning digitalt. Programmene som brukes støtter design gjennom de ulike fasene, noe om gir bedre analyser og kontroll enn tradisjonelle, manuelle prosesser. Når en slik modell er ferdigstilt inneholder den presis geometri og data som er nødvendig for å gjennomføre prosjektet (36, s.1).

### 3.3.2 Introduksjon til BIM

Statsbygg uttalte i 2010 at BIM åpner for en ny måte å samhandle på innenfor byggebransjen. Tanken var at alle involverte parter kommuniserer all bygningsrelatert informasjon på et felles utvekslingsformat uavhengig av hvilken programvare som benyttes, og gjerne mot en felles BIM (37). I dag er det få prosjekter som gjennomføres uten å benytte BIM.

Det er avgjørende med god kommunikasjon mellom aktørene i byggeprosessen for å utnytte BIM best mulig. Statsbygg har beskrevet tre elementer som må på plass for å optimalisere bruken av BIM. Disse elementene er: omforent lagringsformat (IFC), enighet om terminologi (IFD) og kobling av BIM for relevante forretningsprosesser. Til sammen definerer dette åpenBIM, og er illustrert i Figur 3-16: *Åpen BIM, basert på Statsbygg*.



Figur 3- 16: *Åpen BIM, basert på Statsbygg (37)*

IFC (datamodell), IDM (prosess) og IFD (databok) utgjør de åpne standardene i BIM. Disse bidrar til å skape konsistent og jevn informasjonsflyt på tvers av alle de involverte aktørene og fasene i hele verdikjeden. BuildingSMART er en internasjonal organisasjon som utvikler og vedlikeholde disse standardene (28, s.38).

Det er normalt å skille mellom fag-BIM og åpen BIM, hvorav fag-BIM er en proprietær BIM-løsning innenfor et fag eller programsuite, som har små muligheter til utveksling av informasjon med andre fagsystemer. Dette kalles også lukket BIM. I denne oppgaven vil ordet BIM være synonymt med åpen BIM (38).

---

### **3.3.3 Fagmodeller og samlemodeller**

I prosjekter er det ofte snakke om fagmodeller og samlemodeller. Dette fordi alle de ulike fagene i et byggeprosjekt utvikler sin digitale modell, hvor målet er å sette disse sammen til én samlet 3D-modell. Skillet mellom fag- og samlemodell går på input og output fra programvaren. Fagmodeller fungerer i praksis som modelleringsverktøy, og består av en digital database med det aktuelle prosjektet sine egenskaper knyttet til et bestemt fag. Dette kan omfatte geometri, ytelse, planlegging og konstruksjon, samt tilrettelegge for drift og vedlikehold. En slik digital byggemodell kan betraktes som neste generasjons erstatning for papirtegninger for de respektive fagområdene som er inkludert i prosjektet. Noen eksempler på ulike fagmodeller som brukes i dag er ArchiCAD, Revit og Novapoint. Når alle aktuelle fag har laget sin egen byggemodell med aktuell informasjon kan disse knyttes i en samlemodell ved bruk av IFC-filer. Samlemodellen fungerer som et koordineringsverktøy hvor en får output i form av analyser, mengdeuttak, kollisjonsrapporter osv. Solibri er en mye brukt samlemodell som knytter ulike fag sammen i et og samme program.

---

## 4 4D-MODELLERING

*Dette kapittelet omhandler 4D-modellering, og inneholder en kort gjennomgang av hva 4D er, og hvilke programmer som benyttes i den norske byggebransjen i dag. Flere av programmene har også mulighet for 5D, men det er ikke omtalt videre i dette kapittelet.*

### 4.1 4D-modellering

4D-modellering går ut på å koble bygningselementer fra en 3D-modell til sine respektive aktiviteter i fremdriftsplanen. Dette gir en visuell fremstilling av fremdriften til prosjektet. Konseptet rundt 4D-modellering har eksistert lenge, men det har vært store utfordringer på grunn av manglende digitale verktøy, og tilstrekkelig god programvare. Til tross for den digitale utviklingen er ikke 4D-modellering brukt aktivt i dagens byggebransje, og implementeringsarbeidet er for mange entreprenører fortsatt i startfasen.

*«I dag snakker en mye mer om integrerte strategier, enn enkeltstående systemer»*

*- Dr. Bhargav Dave, CEO VisiLean*

#### 4.1.1 Definisjon

4D-modellering, også kalt 4D-planlegging, er en tredimensjonal CAD-modell som er koblet opp mot en fjerde dimensjon, tid (39). Professor Martin Fischer fra Stanford University er en av grunnleggerne av Virtual Design Construction (VDC) og definerer 4D på denne måten:

*«3D + tid. Vi definerer 4D så rett frem som det» - Prof. Martin Fischer, Stanford University*

Prof. Fischer har vært involvert i utvikling av 4D siden starten av 90-tallet, og poengterer:

*«Feilen vi gjorde, mener jeg, var å kalle det 3D + tid, istedenfor tid + 3D. På det tidspunktet var ikke tid noe nytt, i motsetning til 3D, så vi fokuserte på det nye først. (...) Jeg lurer stadig på om 4D ville fått flere tilhengere hvis det var definert som tid + 3D»*

*- Prof. Martin Fischer, Stanford University*



---

#### 4.1.2 Hvorfor implementere tid?

Ifølge Jackie Quach og undersøkelser gjort til masteroppgaven hennes «Vurdering av 4D som planleggingsverktøy i Veidekke» (34) mener intervjuobjektene at bruk av 4D-modeller medfører bedre prosjektplanlegging og mer involvering. De mener at det bidrar til å bedre forstå et byggeprosjekt gjennom visualisering av blant annet omfang, aktiviteter og hinder.

Det er en generell oppfatning blant intervjuobjektene i den nevnte oppgaven at en visuell fremstilling vil hjelpe alle prosjektinvolverte med å se utviklingen i en byggeprosess. I tillegg vil det være enklere å forstå avhengighetene mellom de ulike fagene og aktivitetene. Visualisering bidrar også til mindre forvirring rundt hva det snakkes om i fremdriftsmøter, da de ulike bygningsdelene kan vises ved hjelp av en 4D-modell (34, s.67). Med andre ord, 4D øker forståelsen for hvor det foregår arbeid til enhver tid sånn at man enklere ser parallelle aktiviteter, rekkefølger og potensielle HMS-risikoer. Videre reduseres sannsynligheten for tidsplass konflikter, og uheldig rekkefølge på aktiviteter som kan skape forsinkelser. Dette kan være vanskelig å se i tradisjonelle fremdriftsplaner.

I en case fra Skanska, gjenfortalt av Roar Fosse, opplevde de følgende ved bruk av 4D-modellering på et vannbehandlingsanlegg:

*«Sånn som fremdriftsplanen så ut skulle en vegg bli støpt 1-2 uker før noen store rør skulle transporteres inn gjennom denne åpningen. Dette var vanskelig å oppdage i et Gantt-diagram hvor de to aktivitetene lå 10-15 sider unna hverandre. I 4D-modellen derimot lå disse objektene rett ved siden av hverandre, og det var dermed enkelt å se at planen viste at veggen var planlagt før rørene. En slik feil er det avgjørende at man oppdager i tide, noe 4D bidro til i dette tilfelle» -Roar Fosse, Avdelingssjef BIM & VDC, Skanska.*

---

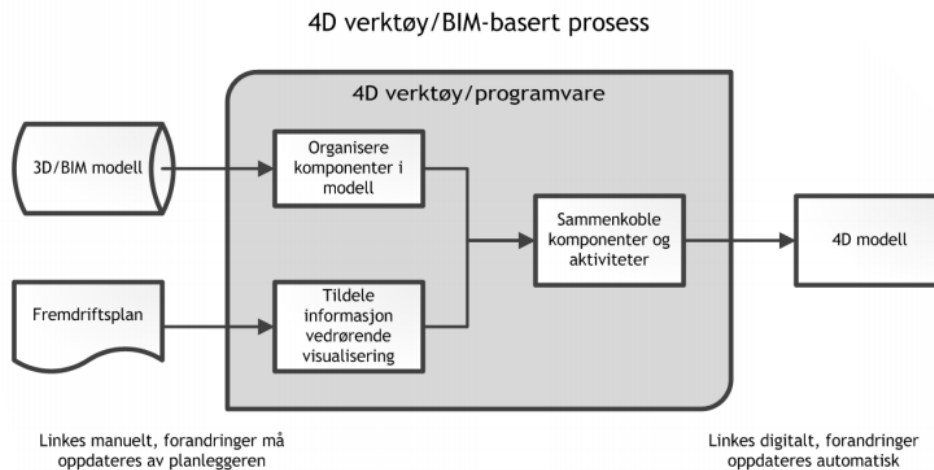
### 4.1.3 Oppbygging av 4D

Bruken av 4D i BIM bygger på den opprinnelige 3D-modellen som gjør det mulig å utføre kollisjonskontroll, mengdeuttak og visualisering. Videre er det nødvendig med en fremdriftsplan med aktiviteter som kan kobles med objektene i modellen.

Eastman et al. (36, s.286) mener det i hovedsak er tre forskjellige fremgangsmåter for oppbygging av en 4D-modell:

- Manuell metode ved bruk av 3D- eller 2D-verktøy
- Innebygde 4D-funksjoner i 3D- eller BIM-verktøy
- Eksportere 3D/BIM til et 4D-verktøy for så å importere en fremdriftsplan

Den manuelle fremgangsmetoden har blitt brukt i flere tiår med markeringstusj og tegninger. Der ble det benyttet ulike farger på sekvensene for å illustrere, og anskaffe oversikt over fremdriften. Denne måten å gjøre det på ble også overført til 2D- og 3D-verktøy ved å benytte farge- og skyggelegging på forskjellige arbeidslag. Det som begrenser bruken av fremgangsmåten er dersom det forekommer endringer i fremdriftsplanen, må alt arbeidet gjøres på nytt. Dette er ressurskrevende, og ofte lite hensiktsmessig i en produksjonsfase. Innebygde 4D-funksjoner i et 3D- eller BIM-verktøy gir mulighet til å generere 4D-snapshots, men bare gjennom den mest elementære funksjonen hvor en knytter objekter til faser av byggeprosessen, og benytter filtrering for å vise objektene i en bestemt fase. De fleste BIM-verktøy har ikke mulighet til å implementere fremdriftsplanen, og egner seg derfor ikke til stort mer enn å vise de grunnleggende fasene. Med egne 4D-verktøy legges det til rette for produksjon og redigering av 4D-modeller. Det gir planleggerne tilgang til flere funksjoner for tilpassing og automatisering ved produksjon av modellen. Typisk lages modellen ved å importere relevant data fra en 3D-modell og aktivitetsplan, før de tilegnes ytterligere informasjon. Dette gjør at 4D-modellen enklere kan tilpasses prosjektets behov. Figur 4-1: *Prosessen til 4D-modellering basert på BIM* viser en forenklet prosess for denne fremgangsmetoden.



Figur 4- 1: Prosessen til 4D-modellering basert på BIM (36)

#### 4.1.4 Detaljnivå

Detaljnivået påvirkes av størrelsen på prosjektet og modellen, i tillegg til tidsforløpet og hvilke kritiske elementer som skal formidles. Det er også avhengig av hvilke fagdisipliner som skal benytte seg av modellen, da de ulike aktørene har forskjellige behov og formål i henhold til detaljnivå og fokusområdet. En arkitekt kan produsere en 3D-modell hvor det er fokus på det estetiske for å oppnå ønsket visualisering, mens en entreprenør ønsker en modell hvor detaljerte operasjoner er i fokus. Ettersom bygningsdeler og elementer må kobles til fremdriften er det hensiktsmessig å ha et detaljnivå som beskriver tydelig hva som skal gjøres, når det skal utføres, hvor lang tid prosessen tar, og hvilken bygningsdel/seksjon eller aktivitet det representerer. En enkel bygningsdel kan kreve flere aktiviteter og prosesser for å fullføres. For eksempel vil et plass-støpt betongdekke være avhengig av blanding av betong, forskalingsarbeid, plassering av armering, utstøping og herdetid. Derfor er det viktig å klarere hvilket detaljnivå som kreves i hver fase før oppstart (36,s.291).

En 4D-modell kan brukes til å gi et helhetlig og forståelig bilde av hele prosessen for de involverte. Modellen kan benyttes på alle nivå, men på et høyt detaljeringsnivå kreves det mer arbeid i planleggingsfasen. Dette på grunn av økt datamengde, og detaljrike spesifikasjoner som må utarbeides. Ved å øke detaljeringsgraden muliggjør man å benytte modellen på de ukentlige fremdriftsmøtene, hvor en kan vise arbeidsteam og fagarbeidere hva som er planlagt i nærmeste fremtid. Da kreves det god oversikt over involverte aktører og planlagte aktiviteter. Dette kan forenkle koordineringen av aktivitetene på byggeplassen, samt effektivisere den helhetlige flyten. Resultatet er å få bedre kontroll over hele prosessen (40).

---

#### 4.1.5 Valg av 4D-verktøy

Eastman et al. (36, s.290) beskriver flere faktorer som burde bli tatt hensyn til ved valg av programvare. Faktorene blir presentert her og benyttet ved vurdering av de utvalgte 4D-verktøyene.

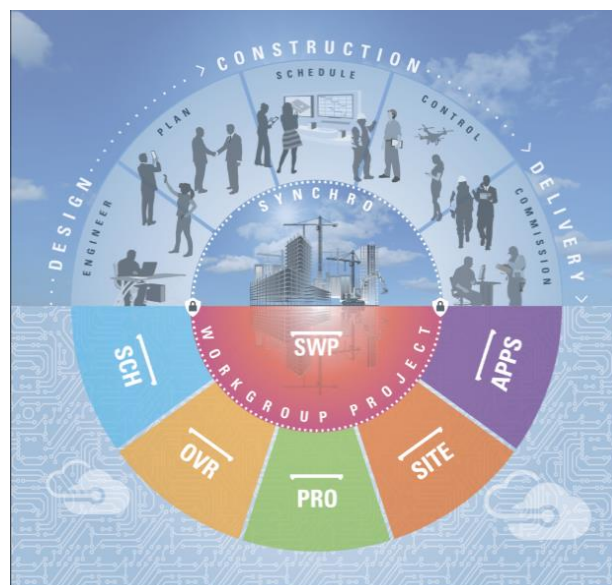
- Importeringsmuligheter BIM: Hvilken formater aksepterer verktøyet?
- Importmuligheter fremdriftsplan: Hvilke formater aksepterer verktøyet?
- Mulighet for å slå sammen og oppdatere BIM/3D-modell: Kan brukere slå sammen flere filer til en modell og oppdatere deler av, eller hele, modellen?
- Omorganisering: Kan brukere omorganisere data etter at den har blitt importert?
- Midlertidige komponenter: Kan brukere legge til, fjerne, midlertidige komponenter?
- Animasjoner: Er det mulig å simulere f.eks. detaljerte kranbevegelser eller byggets prosjektforløp?
- Analyse: Har programmet analyseverktøy som kollisjonstester?
- Output: Kan brukere eksportere 4D videoer med forutsatte synsvinkler og tidsperioder? Eksisterer det en enkel måte for andre å spille av simuleringene?
- Auto-kobling: Kan brukeren auto-koble bygningsobjekter med aktiviteter i fremdriftsplanen?

## 4.2 4D-verktøy

Byggebransjen er i stadig endring. Den økte etterspørselen etter effektivitet, kortere leveringstider og høyere kvalitet presser byggherrer og entreprenører til å adoptere nye forretningsmodeller og teknologier som gir dem konkurransefortrinn. I dette delkapittelet presenteres et utvalg programvarer som er aktuelle for den norske bransjen i dag. Synchro, Navisworks og Vico Office er program som allerede er benyttet i prosjekter, i motsetning til ALICE og VisiLean som enda er nye i det norske markedet.

### 4.2.1 Synchro

Synchro er en plattform som består av flere moduler som til sammen utgjør et svært avansert verktøy til å planlegge og lede prosjekter i et 4D-miljø. Ved å muliggjøre sammenkobling av individuelle objekter fra en BIM med tilhørende arbeidsoppgaver til en fremdriftsplan, blir det mulig å visualisere konstruksjonsfasene. I tillegg kan en se på sporing av materialer og resursfordeling, samt utføre analyser basert på tid, risiko og kostnad. Synchro PRO kan brukes med MS Project og andre planleggingsverktøy, men fungerer også som et selvstendig CPM planleggingsverktøy og er ikke avhengig av å importere fremdriftsplaner (41). Videre kommer en nærmere forklaring av de forskjellige modulene som inngår i plattformen (42).



Figur 4- 2: Oversikt over Synchro plattform (41)

---

## **Modellering**

Synchro PRO (Synchro professional) er en modul for visuell prosjektstyring, som vil si at fremdriftsplanen kan utarbeides og følges opp, samt knyttes til en 3D-modell innad i programmet som resulterer i en 4D-modell. I Synchro PRO er det mulig å importere 3D-modeller fra ulike program da Synchro støtter mange filformater. Det er også mulig å lage enkel geometri som bokser eller sylindere inne i programmet, samt splitte objekter i modellen slik at de passer ønsket aktivitet i planen, for eksempel ved støping av betonggulv i flere trinn. Det grunnleggende med PRO er den visuelle fremvisningen av fremdriften. 3D-modellen følger fremdriftsplanen, og skal alltid gjenspeile den planlagte fremdriften for et prosjekt. Planleggingsdelen i PRO er integrert i form av Synchro SCH. (41)

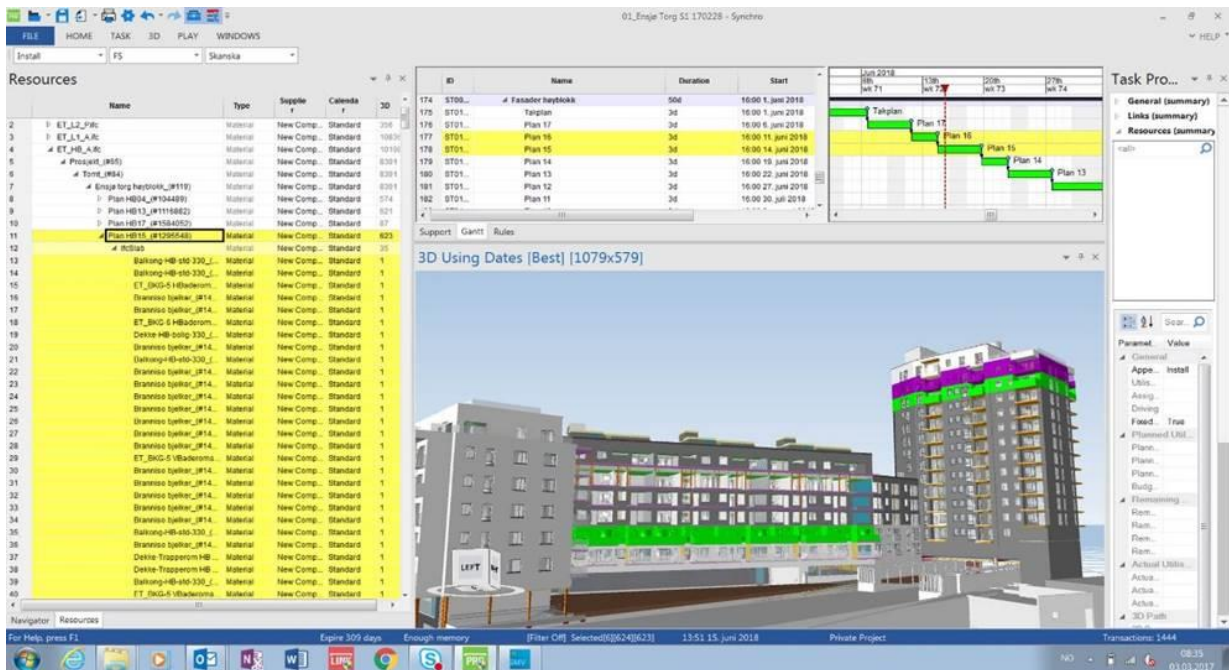
## **Fremdriftsplan**

Synchro SCH (Synchro Scheduler) er et rent planleggingsverktøy. Visuelt sett ligner fremdriftsplanen i Synchro på et klassisk Gantt-diagram. I denne modulen kan man importere flere fremdriftsplaner fra forskjellige kilder, for eksempel underentreprenørene sine planer, så lenge filformatet støttes. Der er det også mulig å legge til aktiviteter direkte i Synchro for å tilføre flere detaljer, eller gjøre planen mer hensiktsmessig for bruk av 4D. Synchro SCH er et kraftfullt planleggingsverktøy med all funksjonalitet som trengs for fremdriftsplanlegging. Modulen gjør det enklere for tradisjonelle planleggere å samhandle med de som planlegger i Synchro PRO, og det eliminerer behovet for bruk av andre tradisjonelle fremdriftsverktøy. Planen som utarbeides kan også eksporteres og synkroniseres med planer i andre programmer, slik som MS Project. Modulen muliggjør beregninger av varigheter ved gitt produksjonsrate og mengder, og inneholder også "CPM-maskin" som kalkulerer start- og sluttdatoer, samt kritisk vei. I tillegg er det tilrettelagt for å opprette flere kalendere med forskjellige fremdrifter for sammenligning og vurdering av den mest lønnsomme fremdriften. (41)

## **4D-modellen**

Når programmet kobler sammen tid og BIM kan en enkelt visualisere byggeprosessen og det gir mange muligheter. Ved å gjøre plasskoordineringstester i 4D er det mulig å oppdage kollisjoner mellom objekter, utstyr og arbeidsområder. Ved produksjon kan en sammenligne planlagt fremdrift med faktisk fremdrift i 3D, noe som gir en god visuell kontroll over produksjonen. Her kan en også lage rapporter med daglig/ukentlig/månedlig oversikt over planlagt og faktisk progresjon. Det er også mulig å lage simuleringer av

konstruksjonssekvenser som kan benyttes i tilbudsfasen eller på andre arenaer hvor det vil være hensiktsmessig. Med Synchro OVR (Synchro Open Viewer) er det mulig å se 4D-modellen gratis. I denne modulen kan prosjektdeltagere, interne og eksterne, se gjennom modellen på hvilket som helst tidspunkt i prosjektet. OVR kan også utføre kollisjonskontroller og generere avviksrapporter, legge til fargekoder og bedriftsnavn. Rapportene kan eksporteres som PDF. (41)

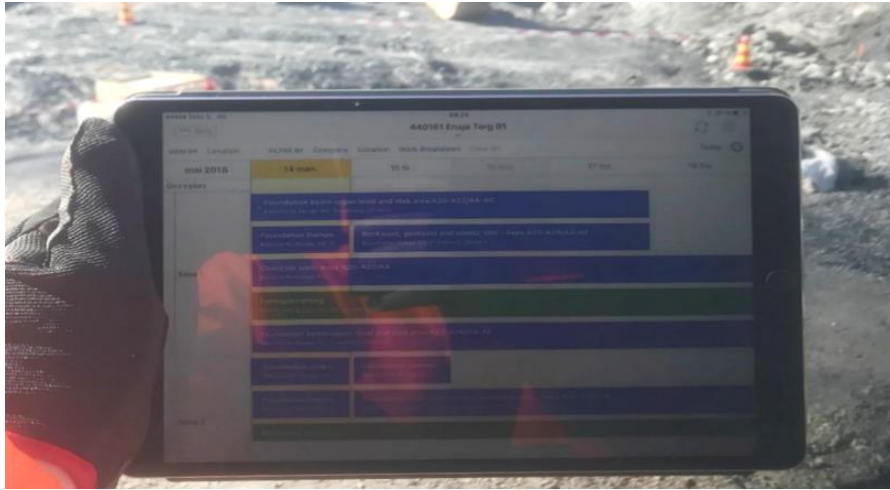


Figur 4- 3: Ensjø Torg S1 i Synchro (17)

## Oppfølging

Synchro tilbyr modulen Synchro Site som er en applikasjon tilpasset smarttelefoner og nettbrett slik at fremdriftsoppfølging kan skje kontinuerlig ute på byggeplassen. Den gjør det mulig å følge opp og sammenligne aktiviteter og ressurser på byggeplass opp mot 4D-modellen. Dette kan gjøres ved hjelp av filtreringsfunksjonen som gir en mulighet til å se på deler av et bygg, en etasje eller kun enkelte bygningsdeler som for eksempel vinduer og dører. Samtidig lar den brukeren registrere, endre og legge til ny informasjon som automatisk oppdaterer prosjektets 4D-modell i PRO, da denne også er lenket til SWP. Synchro SWP (Synchro Workgroup) er en database, ofte kalt prosjekthotell, som koordinerer tilgangen til informasjon og data i et prosjekt. På den måten kan alle prosjektmedlemmene jobbe samtidig i samme fil og program, og man sikrer at alle deltakerne til enhver tid har den nyeste informasjonen tilgjengelig. Videre finnes Synchro LINK som sørger for kommunikasjon

mellom programvarene og applikasjonene. LINK er basert på API (Application Programming Interface) som er dataprogrammering for protokoller og verktøy brukt i utarbeidelsen av programvarer i applikasjonen. (41)



*Figur 4- 4: Synchro Site i praksis på Ensjø Torg B1 (17)*

#### **4.2.2 Vico Office**

Vico Office er en 4D-programvare for planlegging og produksjonskontroll (43). Programmet består av ni moduler med ulike egenskaper: LBS Manager, Schedule Planner, Production Controller, 4D Manager, Document Controller, Takeoff Manager, Takeoff Pad, Cost Planner, Cost Explorer og Constructability Manager (44, s.15). Hovedsakelig egner Vico Office seg til en integrert 3D-løsning med både tid (4D) og kostnader (5D) for å komplettere planleggingsgrunnlaget, og er derfor ansett som et fullverdig 5D-verktøy. Grunnet oppgavens avgrensning utdypes ikke kostnadsdimensjonen mer enn nødvendig i de kommende avsnittene.

#### **Modellering**

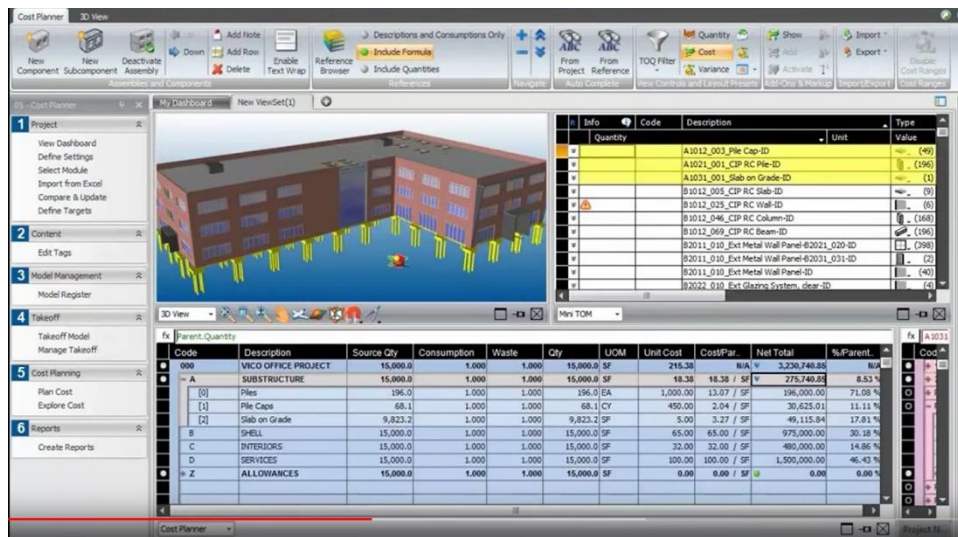
Modelleringen i Vico Office foregår over forhåndsdefinerte trinn plassert i kronologisk rekkefølge, hvor hver modul inneholder forskjellige oppgaveorienterte innstillinger. 01-Vico Office er første trinn. Her blir prosjektet definert, BIM kombineres og det er mulighet for å administrere modellversjoner og opprette rapporter. Vico Office prosesserer og lagrer modellinformasjon ved utvinning av elementgeometri og egenskaper. Ved standard datapubliserings deler Vico Office dataene inn i fem kategorier: substructure, superstructure, exterior, interior og MEP. Ved avansert datapubliserings kan brukeren selv velge hvilke



---

elementer og parametere som skal overføres fra BIM. IFC-parametere er kun tilgjengelig for ArchiCAD-filer (44, s.76,182,188,190). Vico anbefaler å direkte importere råfilen, fordi mye av dataene fra modellen ikke blir overført gjennom et IFC-format. Det påvirker først og fremst Takeoff Manager, men restriksjonene vil også avspeiles utover i resten av prosjektet (45, s.53). 02-Document Controller er modulen hvor import av kontrakter og andre prosjektdokumenter legges inn i programmet. Denne modulen inneholder et sammenligningsverktøy for prosjektets dokumenter og 3D-modellen slik at det kan foretas kontroll om modellen og dokumentene stemmer overens. I tillegg kan programmet sammenligne nåværende prosjektversjon med tidligere versjoner. 03-Constructability Manager utfører konstruksjonsanalyser og kollisjonskontroll av den aktive prosjektmodellen. 04-Takeoff Manager gir en visualisering og analyse av de modellbaserte takeoff objektene og mengdene slik at en kan kontrollere at alle elementene har rett beskrivelse. 05-Cost Planner/Estimate gir mulighet til å administrere mengdeuttak og kostnader, samt tilhørende kalkulasjoner. Her er det mulig å opprette kostnadsskjema direkte i programmet eller ved import. I 06-LBS Manager defineres lokasjoner og lokasjonssystemer. I 07-Schedule Planner opprettes eller importeres aktiviteter og fremdriftsplaner for prosjektet. Denne modulen kan administrere og optimalisere fremdriftsplanene, og kostnader knyttes opp mot aktivitetene dersom 5D benyttes. 08-Layout Manager er laget for å kunne importere og eksportere layout-points fra CSV-filer og benytte dette i modellen. Her finnes også 4D Manager hvor aktiviteter knyttes til egendefinerte simuleringsgrupper før 4D-simuleringen kan kjøres. Siste trinn er 09-Work Package Manager hvor en kan opprette arbeidspakker, og administrere relaterte bud fra underentreprenører. Hvis en ikke ønsker å bytte moduler for hvert formål kan en benytte 00-Master Workflow, som er et integrert trinn som tar for seg hele prosessen ene og alene fra A til Å (44, s.21-22).

Det er ikke mulig å direkte modellere i Vico Office, men en kan revidere BIM i de respektive programmene og deretter importere oppdateringene uten å forandre egenskaper til den resterende modellen.



Figur 4- 5:Eksempel på Vico Office (46)

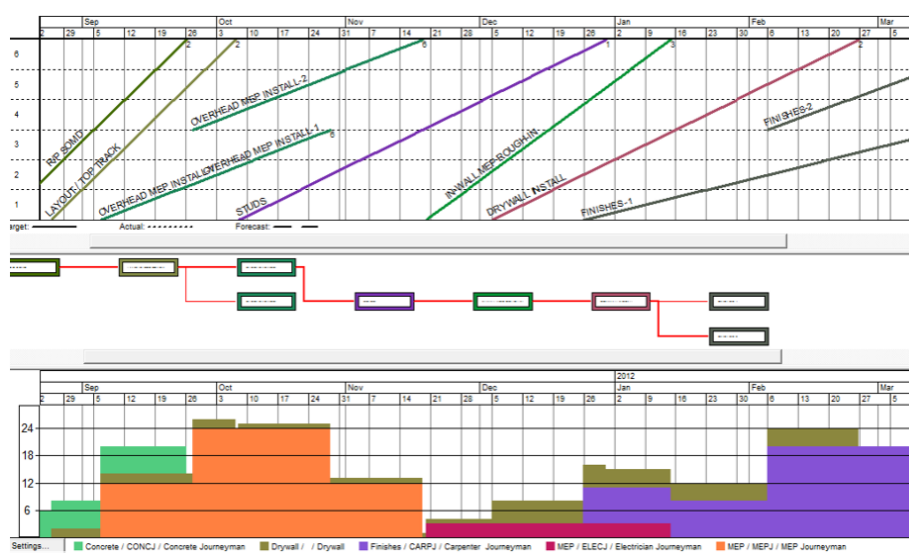
## Fremdriftsplan

For fremdriftsplanlegging i Vico Office benyttes to moduler: LBS Manager og Schedule Planner. Fremdriftsplaner kan enten importeres fra klassiske planleggingsverktøy som Excel, Primavera, MS Project, eller opprettes dirkete i Vico Office (44, s.114). Fremdriftsplaner opprettes ved å sammenkoble BIM-elementer med tilhørende aktiviteter samt materialer, ressurser og arbeid (43).

Vico LBS Manager er et verktøy for å dele prosjektet inn i arbeidslokasjoner. Disse arbeidslokasjonene har ingen tilknytning til sonene tidligere opprettet i BIM, noe som muliggjør definering og opprettholdelse av en uniform lokasjonsstruktur for alle prosjekter opprettet i Vico Office (44, s.15). Programmet gir også informasjon om mengder til de definerte lokasjonene som kan benyttes for videre planlegging eller innkjøp (43).

Vico Schedule Planner er et lokasjonsbasert fremdriftsplanleggingssystem som er kvantitativt drevet av designet, og kan enkelt optimaliseres med LOB-metodikk (47). Planen blir originalt fremstilt med et skråstrekdigram som gir et mer detaljrikt innblikk i prosjektets fremdrift og planlegging enn tradisjonell CPM. Gjennom integrasjon av kvantiler og lokasjoner utleder programmet aktivitetslinjene automatisk, og oppgir ressursnivået som er nødvendig for å oppnå ønsket hastighet. Programmet viser også arbeidsressursgraf, samt et tilhørende etterspørselshistogram av arbeidet som må utføres for å holde planen.

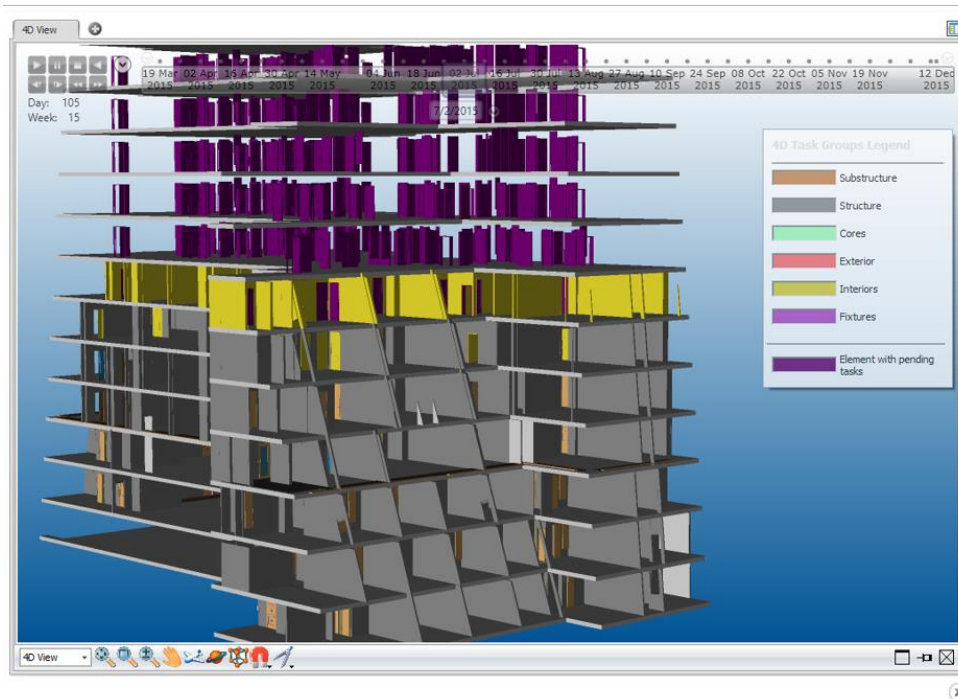
Gantt-tidsplaner er også integrert i skråstreketidplanen i Vico Office. På den måten kan input av et skråstreke-diagram automatisk generere en Gantt-diagram, og omvendt kan et Gantt-diagram generere skråstrekenes relasjoner. Programmet illustrerer også den kritiske veien i Network View. Ytterligere fordeler med en slik planleggingsmetode er muligheten for å kunne gjøre risikosimuleringer. Siden hver aktivitet er basert på en mengde, mannskap, plassering, avhengighet, osv., er det enkelt å benytte seg av en «hva-hvis»-simulering for å fastslå sannsynligheten for at planen utfolder seg som planlagt. Umiddelbar visuell tilbakemelding blir gitt til brukeren via et grønt / gult / rødt stopplyssystem for å opplyse om eventuelle svakheter i planen. Programmet tilbyr også kollisjonskontroll på aktivitetene slik at konflikter kan oppdages tidlig og unngås (47).



Figur 4- 6: Eksempel på Vico Schedule Planner (47)

## 4D-modellen

Vico 4D Manager er et 4D-simulasjonsverktøy som gir tilgang på en detaljert 3D-visualisering av prosjektets tidslinje (43). Simuleringen baserer seg på fremdriftsplanen, kostnader og informasjon fra modellen som er lagt inn i Takeoff Manager, Cost Planner og Schedule Planner. Siden 4D-simulering er en integrert funksjon i programvaren kreves det ikke ytterligere tiltak for å lage og vedlikeholde simuleringen enn hva som allerede er implementert i programmet. En kan interaktivt avspille 4D-simuleringen i Vico Office med mulighet for å legge til datostempling og annen informasjon i visningsfeltet (44, s.15,450,454).



Figur 4- 7: 4D View i Vico Office (47)

Vico Takeoff Manager foretar automatisk mengdeuthenting i modellen. En kan opprette takeoff objekter, visuelt verifisere modellelementer inkludert i mengdene, og manuelt legge til eller trekke fra elementer i mengdeberegninger. Takeoff Pad er en utvidelse av Takeoff Manager, og har en mer granulær tilnærming av de individuelle takeoff-komponentene (44, s.15).

Publiserte modeller kan sjekkes for konstruksjonsproblemer i Vico Constructability Manager. Denne modulen tilbyr kollisjonstest, konstruksjonens arbeidsflyt og «mark up» funksjonalitet. Det kan også utarbeides en statusrapport over prosjektets konstruksjonsvurderingsarbeid ved å generere en konstruksjonsrapport som inneholder alle registrerte problemer tilknyttet konstruksjonen (44, s.15).

## Oppfølging

Vico Production Controller er et oppfølgingsverktøy tilrettelagt for selve byggefasen av prosjektet, hvorav hensikten er å enklere administrere produksjonen på stedet. Dette kan gjøres enten ved bruk av nettbrett, eller på papir hvor status legges inn i programmet når en er tilbake på kontoret. Ved å legge inn sanntidsoppdateringer i programmet av faktisk utført arbeid generere fremtidsprognoser slik at konflikter kan oppdages, og korrigerende tiltak igangsettes før problemet faktisk oppstår. Oppfølgingsdiagrammet er fremstilt som et rutenett

---

med bokser som representerer hver aktivitet. Det brukes fargekoder for å enkelt kunne se aktivitetenes status. Grønt benyttes på ferdigstilte aktiviteter i en gitt lokasjon, gult representerer aktiviteter som er påbegynt men bak skjema, blå viser påbegynte aktiviteter som er i henhold til planen, mens rødt illustrerer aktiviteter som skulle vært påbegynt men som enda ikke har startet (43).

Programmet Document Controller hjelper prosjektteamet med å administrere diverse dokumenter tilknyttet prosjektet. Vico Office har en innebygd funksjon rettet mot sammenlikning av oppdateringer, hvor programmet direkte henviser til endringer som er foretatt i kontrast med tidligere lagrede versjoner, kalt «snapshots», eller andre prosjekter. Programmet fremstiller prosjektets nåværende status og referansen side om side, samt fremhever ulikheter med fargekoder. Etter å ha gjort en sammenlikning er det mulig å oppdatere alt eller deler av innholdet slik at forskjellen i referansen automatisk blir kopiert til det nåværende prosjektet. Noen av datatypene som har denne funksjonen er: kostnader, modeller, takeoff objekter, prosjekt data, lokasjonssystemer, LBS struktur, aktivitetsgruppering, Schedule Planner fil, dokumenter og arbeidspakker (44, s.15,488-490).

### **4.2.3 Navisworks**

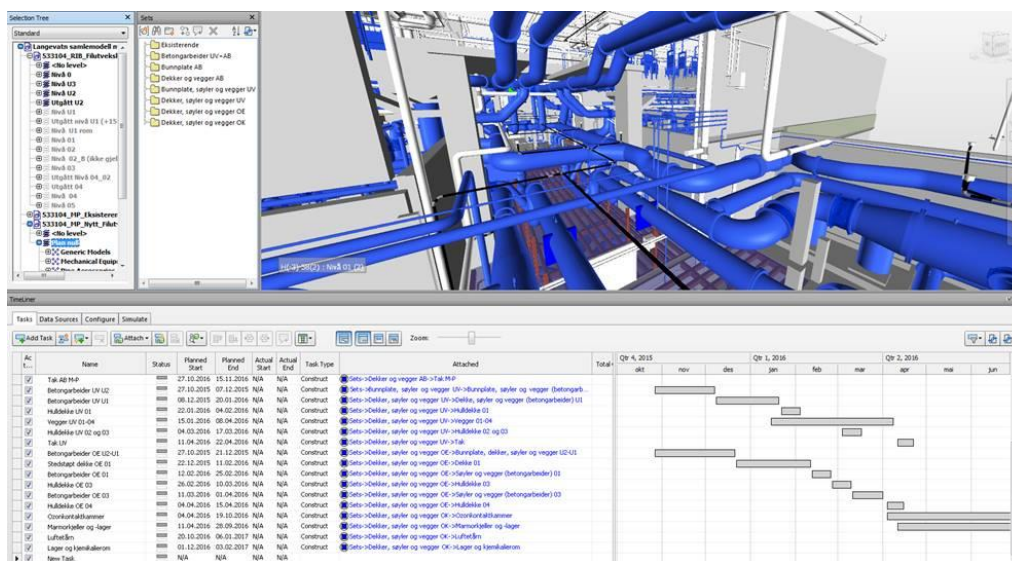
Autodesk Navisworks er en omfattende programvare som støtter koordinering, analyse, og kommunikasjon av design og bygbarhet. Det er også det 4D-programmet som støtter størst utvalg av BIM-formater (36, s.288). Navisworks muliggjør bedre koordinering, bygningssimulering og komplett prosjektanalyse for integrert prosjektrevidering. Autodesk tilbyr to versjoner av Navisworks: Manage og Simulate, hvorav Manage er videre omtalt som Navisworks i denne oppgaven grunnet et bredere funksjonsspekter når det kommer til simulering og validering (48).

### **Modellering**

Navisworks snakker godt med 3D-verktøy som blant annet AutoCAD og Revit siden de alle er Autodesk-produkter (49). Programmet er bygd opp rundt en kjernemodul kalt Roamer og har en rekke innebygde funksjoner (48). De mest sentrale er:

- Roamer er kjernedelen som gjør det mulig for brukere å åpne modeller fra flere 3D-programmer og kombinere disse. Dermed kan bruker navigere seg rundt i modellen i sanntid, og legge til vurderinger av modellen med en rekke markeringsmuligheter.

- Publisher lar brukerne publisere den komplette 3D-modellen i en NWD-fil.
- Kollisjonskontrollen i programmet gjør at brukerne kan velge spesifikke deler av modellen, og se etter konflikter i disse for å oppdage eventuelle planleggingsfeil.
- Autodesk Renderer kan brukes for å endre materialer og belysning i modellen for å produsere fotorealistiske bilder og animasjoner.
- Kvantifisering gjør det mulig for brukeren å automatisk lage materialeestimater, bruke måleverktøy og telle bygningskomponenter.
- TimeLiner gjør det mulig å importere tidsplaner fra en rekke kilder. Deretter kan en koble aktiviteter i fremdriftsplanen med objekter i modellen for å lage en simulering. TimeLiner vil automatisk oppdatere simuleringen hvis modellen eller fremdriftsplanen endres.



Figur 4- 8: Langevatn-prosjektet fremstilt i Navisworks (17)

## Fremdriftsplan

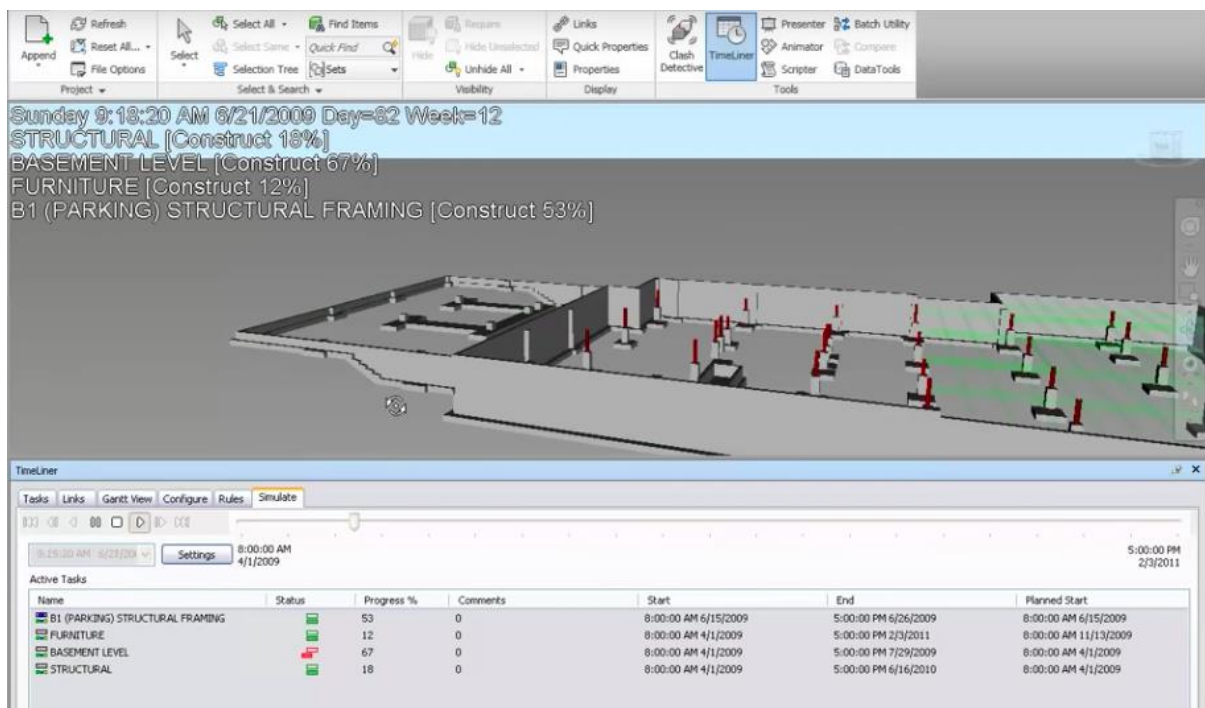
Modellen er knyttet til et Gantt-diagram som enten lages i programmet, eller importeres fra eksempelvis MS Project. Aktiviteter i planen kan kobles mot hvert enkelt objekt i 3D-modellen ved at en plukker ut et utvalg objekter som legges i en «mappe» før man kobler aktivitetene i planen til objektene i «mappen» (17). TimeLiner er planfunksjonen i Navisworks som gjør det mulig å simulere arbeidsplanen ved å koble hendelser og aktiviteter



til bestemte objekter i modellen (50, s.18). Man kan imidlertid ikke koble aktivitetene i fremdriftsplanen til hverandre, altså vise hvilke aktiviteter som avhenger av hverandre illustrert ved typiske piler.

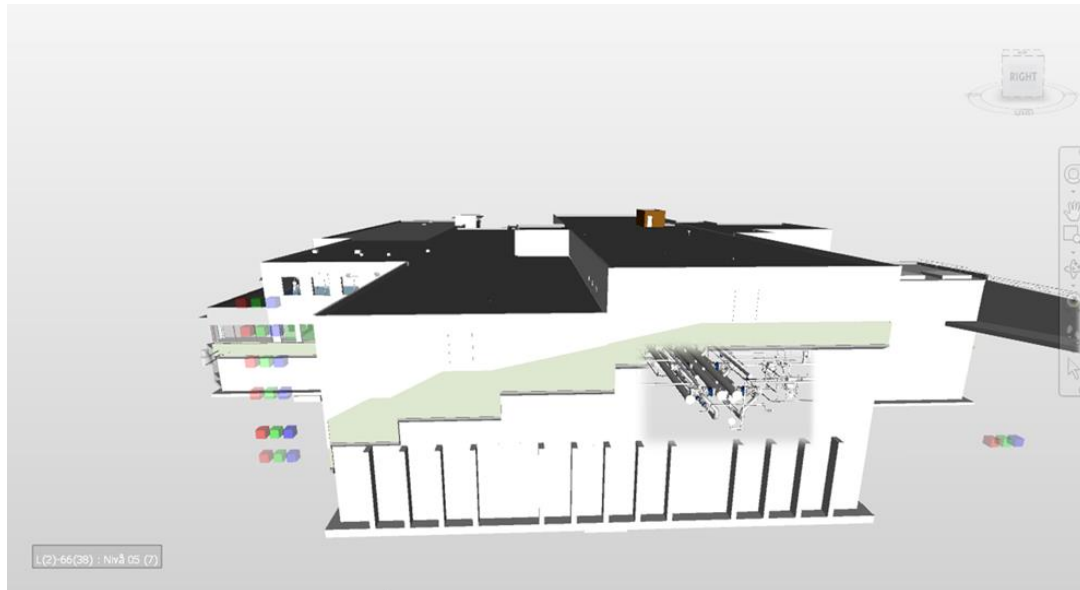
#### 4D-modellen

Etter importering av fremdriftsplan kan planen tilføres regler før en kjører 4D-simuleringen. Under simuleringen får man opp planlagt prosentvis fremgang på ulike fagområder, som vist på bildet under.



Figur 4- 9: Simulering av fremdriftsplanen i Navisworks (48)

Når 4D-modellen er klar vil det være enkelt å referere til simuleringen i for eksempel fremdriftsmøter. Ulike oppgavetyper symboliseres ved bruk av fargekoder, og på denne måten viser det når nye arbeidsoppgaver skal starte opp i prosjektet. I tillegg har Navisworks en «Clash Detective»-funksjon som kan benyttes for å oppdage eventuelle overlappende prosesser. Denne funksjonen bidrar til å redusere menneskelige feil i kontrollarbeidet. Navisworks kan produsere flotte simuleringer og dette er en av styrkene til programmet (50).



Figur 4- 10: Fremstilling av Langevatn i Navisworks (17)

## Oppfølging

Navisworks har ikke en egen applikasjon for avstemming på byggeplass. Men, BIM360 Glue og BIM360 Field tillater å dele modeller fra blant annet Navisworks. I BIM 360 Glue importeres eksempelvis en Revit-modell som inneholder en parameter som vil fungere som en placeholder for ønsket prosess status. I Glue er det tilrettelagt for å filtrere de delene av modellen en ønsker å håndtere ute på byggeplassen. Deretter forflytter en seg til BIM 360 Field, og oppretter parametere en ønsker å se på nettbrettet før en importerer modellen fra Glue. Når parameterne fra Revit er linket med de fra Field er modellen klar til bruk. På byggeplassen kan brukeren endre statusparameterne, og synkronisere tilbake til web. Oppdateringene legges direkte på Field, og disse må videre importeres tilbake til Glue. Når dataene er importert til Glue åpner man Glue model i Navisworks, hvor en kan filtrere data og vise objekter med farge eller prosent som indikerer status. Dette kan oppfattes som en lang og omfattende prosess, men Navisworks Support forteller at det vil skje mye framover på akkurat dette området (48).

### 4.2.4 VisiLean

VisiLean er en skybasert prosjektledelsestjeneste som støtter Lean Production-planlegging, kontrollert arbeidsflyt og direkte integrasjon med BIM. Programmet er utviklet i samarbeid med noen av bransjens ledende eksperter innenfor BIM, LC og synergien mellom dem. Det gjør at VisiLean er en teoretisk basert programvare med stort fokus på planleggingsmetodikk



---

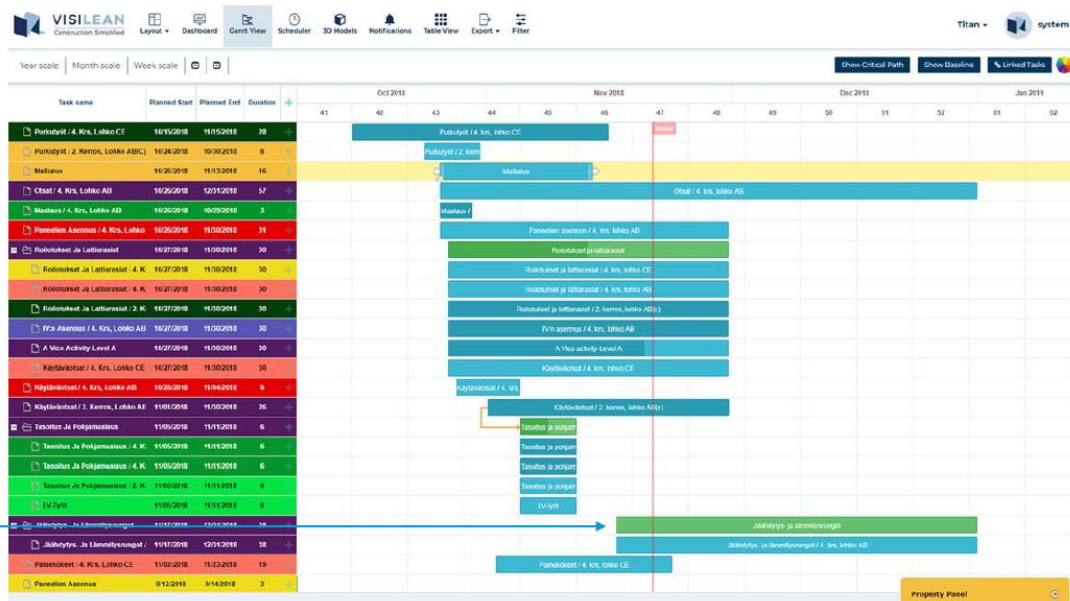
som LPS, og har derfor moduler som støtter alle faser fra hovedplan til ukentlig plan. Programmet har ni overordnet funksjoner i verktøylinjen; Layout, Dashboard, Gantt view, Scheduler, 3D models, Notifications, Table view, Eksport og Filter. VisiLean gjør det også mulig med sanntidsoppfølging av planene ved hjelp av en mobilapplikasjon, hvor arbeidsteam kan rapportere inn fremgang, ta bilder og legge inn notater (51).

## **Modellering**

VisiLean støtter åpne standarder, så det er mulig å importere IFC-filer inn i programmet. Model view for modellen støtter mange funksjoner som blant annet muligheten til å gjøre målinger, visning av et modellutvalgstre og snitt. Det er også mulig å importere flere typer modeller og fortsatt beholde linker i planen (52). Modellene er versjonskontrollert slik at det er mulig å sammenligne to modeller med tanke på elementer som er lagt til, slettet og endret (53). Når det kommer til å sammenkoble aktiviteter til modellen kan det utføres på to måter: enten linke en aktivitet til et element, eller et element til en aktivitet. Det er noen enkle steg for å samkjøre modellen og fremdriftsplanen. Det kan gjennomføres eksempelvis ved å søke opp aktiviteter som inneholder et nøkkelord, og linke det eller de opp mot ønsket element ved å trykke på det i modellen, og bekrefte link (54).

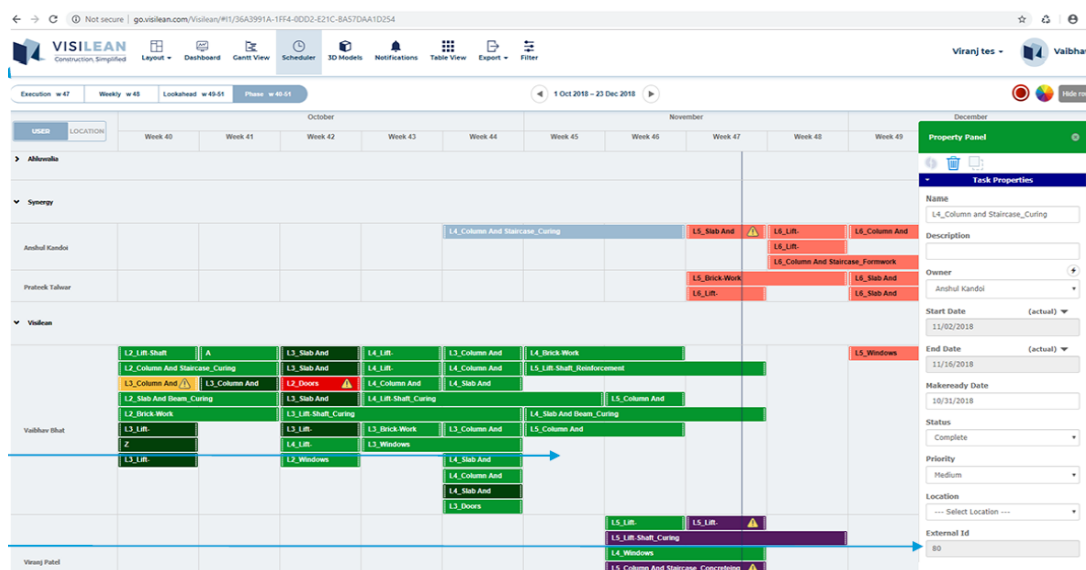
## **Fremdriftsplan**

I programmet kan en opprette eller importere eksisterende fremdriftsplaner fra andre systemer som Primavera, MS Project og Vico Control. Den importerte planen vil beholde alle avhengigheter og lokasjonsinformasjon. Programmet kan i tillegg eksportere de samme formatene tilbake igjen til ovennevnte planleggingsverktøy. Videre kan arbeidslagene få adgang til nøkkeldatoer og milepæler, og selv opprette underaktiviteter som deretter blir linket til aktiviteter på et høyere nivå. Med progresjonsovervåkning oppdateres alle plannivåene når aktiviteter endres, legges til eller slettes (52). Selve planen fremstilles som et Gantt-diagram, eller som en vanlig kalender med inndeling basert på arbeidsteam eller fag, og mulighet til å vise aktivitetene innenfor de forskjellige plannivåene. Da vises en oversikt over aktiviteter med tilhørende informasjon om ansvar, tid og omfang. Programmet viser grunnlinjen og beregner kritisk vei. Det er derfor enkelt å overvåke og kontrollere faktisk fremdrift sett opp mot planlagt fremdrift (55). Fargekoder benyttes for å definere aktivitetenes status og simplificere hvilke aktiviteter som er ferdig eller kritiske i forhold til planen (56).



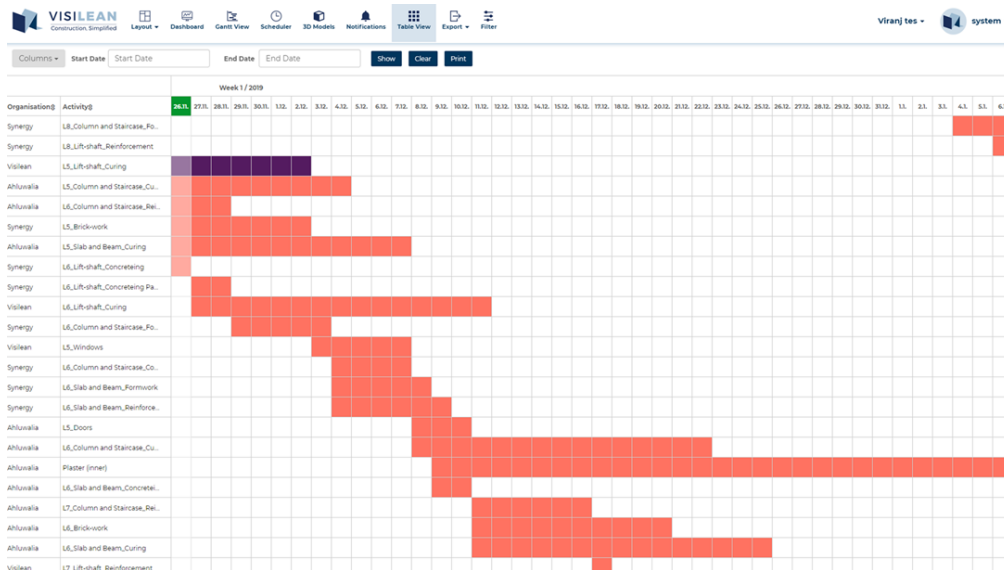
Figur 4- 11: Gantt View i VisiLean (56)

Scheduler er en annen funksjon som illustrerer aktiviteter knyttet opp mot tid, bruker eller lokasjon. Denne fremstillingen fungerer som en digital lappeplanlegger, og er tilpasset møter hvor flere parter skal samarbeide om planleggingen. En kan enkelt dra og droppe aktiviteter, samt filtrere faseplan, utkviksplan eller ukeplan etter ønske. Et panel over egenskapene til aktiviteten kan vises i dette moduset som illustrert i Figur 4-12: *Scheduler i VisiLean*. På den måten er det raskt å finne elementær informasjon knyttet til aktiviteten på en oversiktlig måte (56).



Figur 4- 12: Scheduler i VisiLean (56)

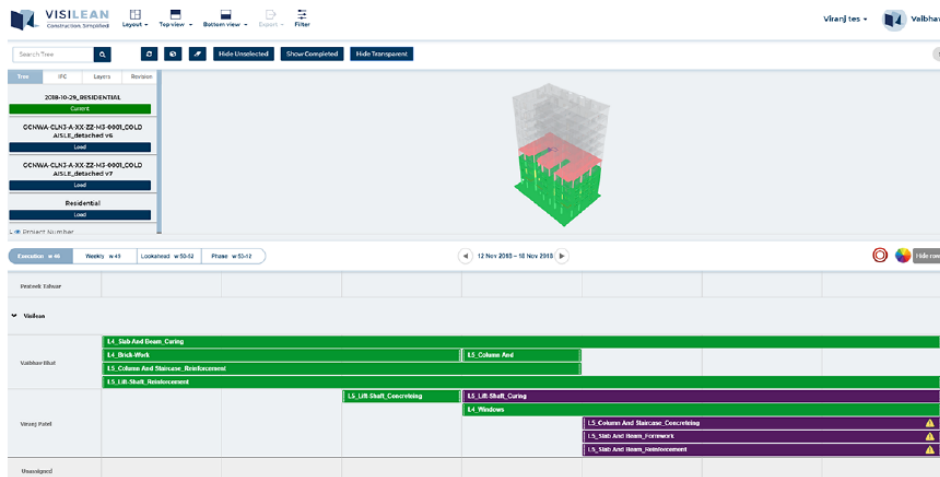
Siste modus for fremstilling av fremdriftsplanen er Table View. Den etterligner et Excel-skjema, og går ofte ned på aktivitetsnivå, som skjer fra dag til dag. Her fremkommer hvilket arbeidslag eller hvilken underentreprenør som er satt på aktuelle aktiviteter, samt dager det planlagte arbeidet skal foregå. Det er en svært enkel oversikt som kan eksporteres eller utstedes som en rapport eller CSV-fil.



Figur 4- 13: Table View i VisiLean (56)

## 4D-modellen

4D-modellen til VisiLean er simplifisert, og inneholder ingen mulighet for simulering av hele prosjektet, modellering eller innsetting av midlertidige komponenter i selve programmet (54). Brukeren kan kun linke aktiviteter til modellelementer og visualisere fremgangen. Ved å bruke modellutvalgstreet, kan man direkte lage flere linker mellom aktiviteter og elementer. Videre muliggjør programmet enkelt og oversiktlig filtrering av aktiviteter og elementer basert på status, underleverandører eller hver enkelt fagarbeider. Avhengig av detaljeringsgraden til planen får en god oversikt over prosjektet. Ved å bruke fargekoder som representerer status kan en enkelt lage en god visualisering basert på fremgang i ønsket tidsrom (53).



Figur 4- 14: 4D Lean i VisiLean (56)

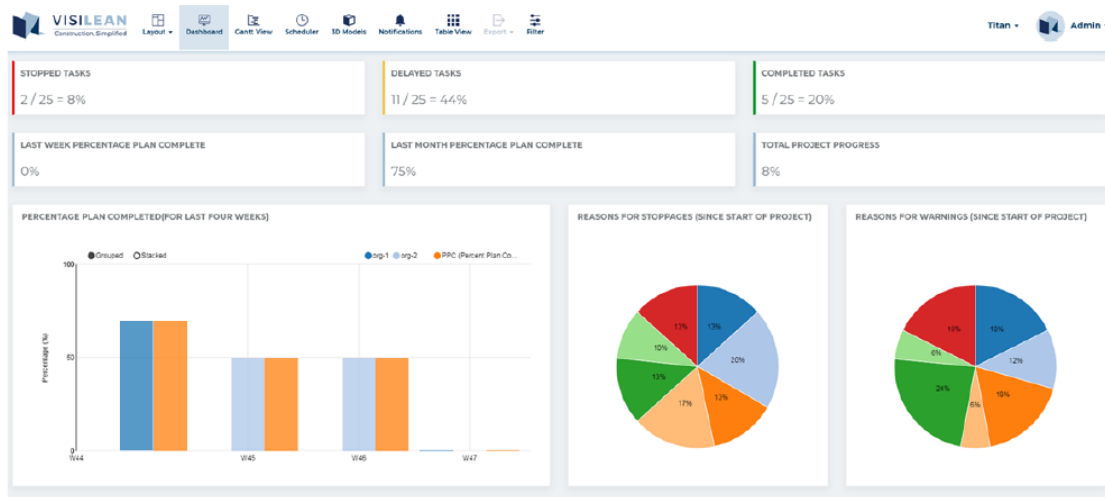
## Oppfølging

Ved å benytte smarttelefon eller nettbrett, kan arbeidsteam på byggeplassen hele tiden ha tilgang til sine oppgaver, samt oppdatere fremdrift til prosjektkontoret. VisiLean sin applikasjon har mulighet til å avstemme aktiviteter som ferdig, påbegynt, forsinket, ikke ferdig og lignende, i tillegg til daglig oppdatering på prosentvis fullført arbeid, og når arbeidet er klart for inspeksjon. Den inneholder også en sjekklister over dagens arbeidsoppgaver, en sjekklister over forutsetninger som må være tilrettelagt for at aktiviteten kan påbegynnes, et internt varslingsystem som informerer om problemer eller forsinkede aktiviteter, og en bilde- og fildelingsfunksjon som gjør det mulig å koble en status av virkeligheten opp mot aktiviteten (56). De forskjellige arbeidsteamene har kontinuerlig tilgang til sine arbeidspakker, og kan bidra i planleggingen ved å lage utkviksplan og ukeplan for sine respektive fag. Programmet kan også enkelt produsere rapporter med for eksempel PPU, forsinkede oppgaver mm. (52).



Figur 4- 15: Oppfølging og produksjonskontroll i sanntid med VisiLean (56)

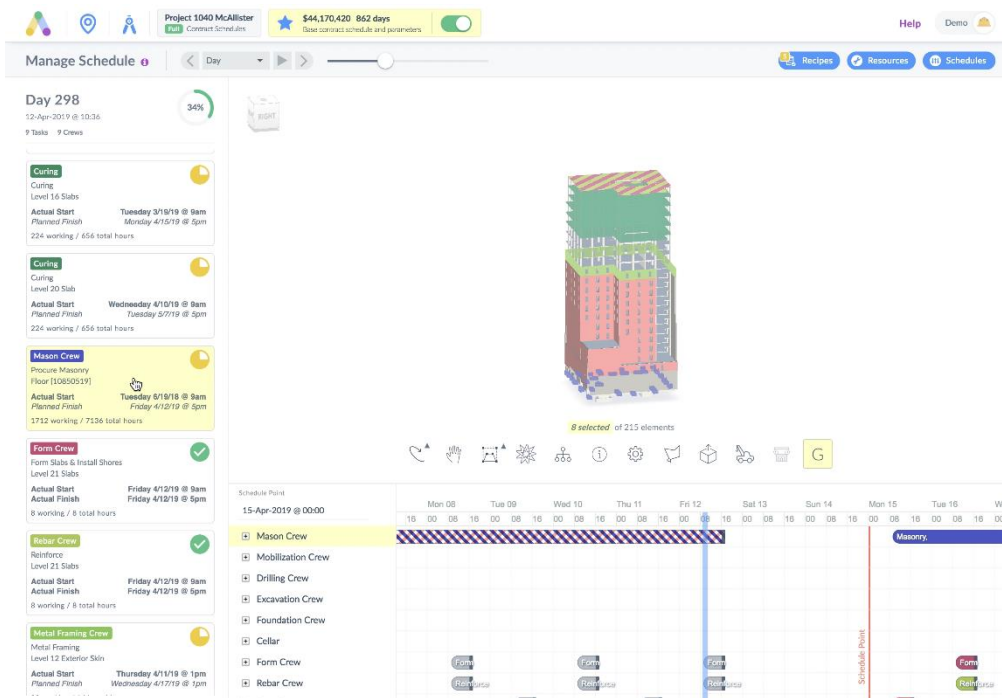
I Scheduler finnes det en fane som heter Execution som viser brukeren hva som skal foregå den uken, samt status for de aktuelle aktivitetene etter hvert som progresjon rapporteres inn. Det er her en begynner å følge opp fremdriften, og kartlegger hva som er i rute, eventuelt ikke. Dashboard-funksjonen viser en oversiktlig oppdatert statistikk over aktiviteter som er stoppet, forsinket eller ferdigstilt, samt PPU for de siste fire ukene. Alle oppdateringer foregår i sanntid, på den måten kan alle parter være fullstendig informert over prosjektets fremgang til enhver tid (54).



Figur 4- 16: Dashboardmodus i VisiLean (56)

## 4.2.5 ALICE

ALICE står for *Artificial Intelligence Construction Engineering*, og er et webbasert 4D-program basert på kunstig intelligens (KI). Programmet er verdens første parametriske konstruksjonsplanlegger, og baserer seg på koding av egendefinerte parametere som enkelt muliggjør å vurdere hundrevis av potensielle scenarier før man velger den mest hensiktsmessige planen, med tanke på tid og kostnad (57). Det ALICE kan oppnå i løpet av få minutter er hva det ville tatt flere tiår for et menneske å beregne (58). ALICE er delt inn i tre steg: Plan, Schedule og Manage, som skal gjøre det enkelt og oversiktlig å benytte programmet.



Figur 4- 17: Eksempelprosjekt i ALICE (58)

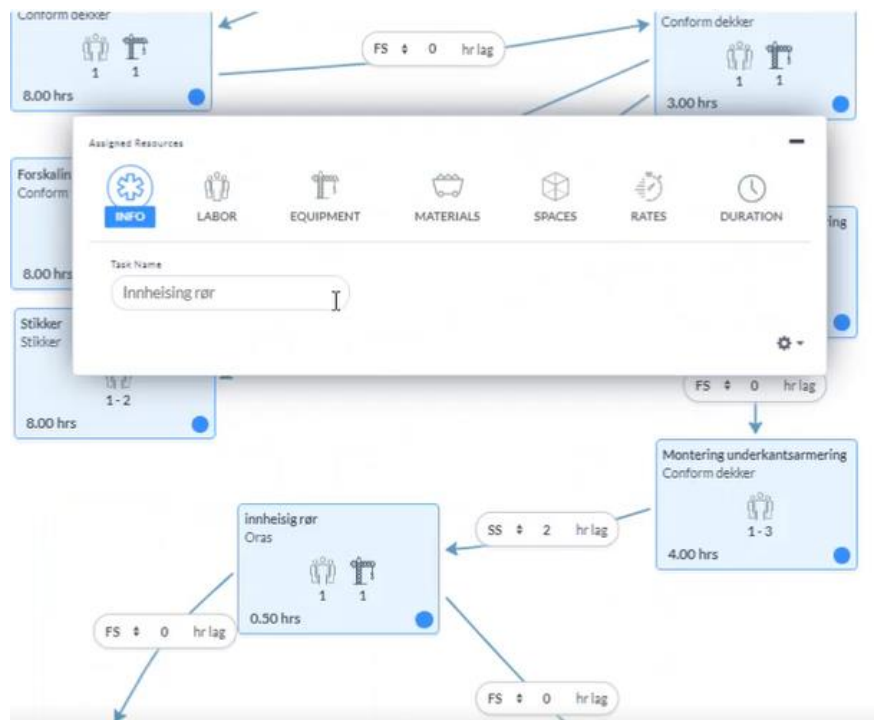
## Modellering

Det eneste brukeren trenger å importere til ALICE er den ferdige 3D-modellen. All form for fremdriftsplanlegging foregår i programmet og kan ikke importeres. Dataene som ligger i BIM er utgangspunktet før brukeren tilfører restriksjoner for måter å bygge opp modellen på med tanke på fysiske lover. Deretter deles bygget inn i ønskede soner, og manuell input av regler i form av parametere, som kalles oppskrift i programmet, legges inn for å forklare ALICE hvordan diverse elementer knyttet til den aktuelle modellen bygges. Dette gjøres i Plan. ALICE har så en enkel måte å kode disse reglene på i plattformen, og genererer ulike planversjoner ut fra brukerens input (58).

## Fremdriftsplan

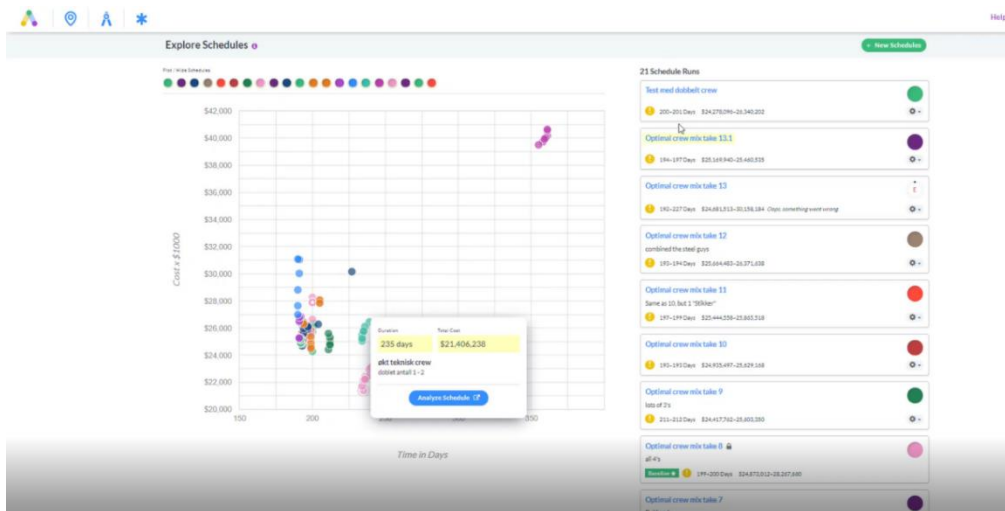
I plansteget kodes all bygg- og planleggingserfaring sammen med tilgjengelige ressurser. ALICE har en systematisk måte å enkelt kodifisere disse reglene på i plattformen, og utnytter den menneskelige inputen til å drive den kunstige intelligensen, for å generere tidsplaner i Schedule. Programmet utfører deretter begrensingsvedtak og sekvensvariasjon i Schedule for å evaluere flere millioner mulige måter å bygge prosjektet på. Reglene kan lagres og videreføres til andre prosjekter, noe som er svært tidsbesparende. Det vil si at en ikke trenger

å legge inn alle parameterne på nytt, med mindre annet er ønsket eller erfart. Det er imidlertid enkelt å opprette nye slik at det er godt tilrettelagt for å kjøre «hva-hvis»-scenarier (58).



Figur 4- 18: Ressursvalg for en aktivitet i ALICE (59)

Programmet benytter KI for å generere millioner av fremdriftsplaner basert på dataene i BIM og en manuell input av parametere ved hjelp av koding. Det vil si at planleggeren ikke forteller ALICE hvordan prosjektet skal bygges som helhet, men hvordan det bygger et bestemt element (57). Som illustrert i Figur 4-18: *Ressursvalg for en aktivitet i ALICE* fremkommer et valgpanel når aktiviteten er opprettet. Her tilføres ulike ressurser i forskjellige former (59). På den måten benytter programmet de gitte parameterne gjentagende på alle de aktuelle bygningsdelene, og derfor er ALICE kompatibel for å kunne evaluere og optimalisere n antall planer på bare få minutter (57).



Figur 4- 19: Explore Schedules i ALICE (59)

I Explore Schedules har ALICE generert ulike planer med tanke på tid og kostnad, ut fra de gitte parameterne. Hver farget sirkel representerer en plan med en estimert varighet og total kostnad. Hvis en ønsker å analysere en plan nærmere kan en trykke på Analyze Schedule (59).



Figur 4- 20: Analyze Schedule i ALICE (59)

Analysis Schedule er eksempelvis illustrert i Figur 4-20: *Analyze Schedule i ALICE*. Det fremkommer tre valg i dette moduset: 4D, Analytics og Gantt. I Analytics får en opp en rekke statistikker som beskriver prosentvis bemanningsutnyttelse, tilgjengelige dager jobbet og totale variable kostnader. I tillegg vises kostnadsdistribusjonen. Disse verdiene er basert på hvilken dag du står på i tidslinjen, og det er mulig å dra grunnlinjen frem og tilbake over prosjektets tidsforløp for å se utviklingen. Dette gjenspeiles i 4D-vinduet der du ser 3D-modellen bygges etter hvert som tiden går. Panelet til venstre på skjermen henviser til aktive



---

aktiviteter for den gitte dagen, og under fremstilles fremdriftsplanen som et klassisk Gantt-diagram (59).

#### **4D-modellen**

4D-modellen viser planen visuelt i form av en 3D-modell, fremdriftsplanen og et sett med verktøylinjer og panelvalg. Fargekoder benyttes for å enkelt forstå modellen og objektene status slik at en kan følge progresjonen til prosjektet. En kan enkelt finne objekter i modellen ved å klikke i panelet som inneholder Family, Level og Recipe. Det er filtreringer for elementer i modellen under gitte kriterier som en gruppering, etasje eller en type oppskrift.

I tillegg forekommer en enkel verktøylinje nederst i programmet. Her kan brukeren blant annet rotere, dra, markere flere elementer i en polygon eller boks, og snitte modellen. Resterende funksjoner er:

- Explode mode. Gjør at elementer i modellen separeres og trekkes fra hverandre i ulike retninger, for enklere å se elementenes sammensetning.
- Properties. Ved å markere et objekt i modellen kan du raskt få oversikt over de tilegnede egenskapene i et panel på siden. Her ligger den tilknyttede oppskriften til elementet, samt identitets data, restriksjoner, segment, faser, IFC parametere, grafikk, analytiske egenskaper, og generelle egenskaper som struktur, form, dimensjoner, material og overflater.
- Settings. Under settings får en opp et panel med fire overordnede kategorier: Performance, Navigation, Appearance og Environment. En kan foreta ulike modifikasjoner i hver kategori som påvirker det valgte elementets fremstilling og egenskaper i 3D-fremvisningen.
- Crane locations. Denne funksjonen gir brukeren mulighet til å legge inn kranbruken tilknyttet prosjektet. Under Mobile Crane Properties kan man legge inn input som antall, radius, kr/t, og disponibel krantid. ALICE vil ut ifra denne inputen ta hensyn ved genereringen av fremdriftsplanen. For å plassere kranen må en trykke på Locations og dobbeltklikke på ønsket plassering i modellen. Deretter drar du lokasjonen til elementene du ønsker å serve. Hvis en ikke ønsker alle lokasjonene som automatisk markeres kan en velge ut fra en liste med objekter som fremkommer (59).

---

## Oppfølging

Siste steg i programmet er Manage, hvor det er mulig å kommunisere tidsplanen til de involverte aktørene og følge opp fremdriften. Den valgte fremdriftsplanen er satt som grunnlinje, og en kan markere aktiviteter med fullført, påbegynt og ikke startet, underveis i prosjektet for å følge prosjektets progresjon. Manage gir også muligheten til å «planlegge på nytt» underveis uavhengig hvor en er i prosjektførløpet. Med denne funksjonen kan en optimalisere fremdriftsplanen, og reduserer eventuelle forsinkelser som måtte oppstå på grunn av uforutsette hendelser (58). ALICE gir også muligheten til å eksportere fremdriftsplanen direkte til Primavera eller som CSV-fil (59).

## 5 RESULTAT FRA EMPIRISK DATA

I dette kapittelet presenteres funn fra intervjuene sammen med en oppsummering av egnetheten til programvarene i de ulike planleggingsnivåene. Det nevnes også i korte trekk hvilke fordeler og ulemper intervjuobjektene har opplevd med bruk av 4D-programmer. Dersom ikke annet er nevnt er informasjonen hentet fra vedlegg 2 – Intervjusammendrag.

### 5.1 Dybdeintervju

Det er gjennomført 12 intervju av personer med forskjellig bakgrunn og erfaringer innenfor byggebransjen. Dette har gitt innsikt i hvordan 4D-program benyttes i dagens bransje, samt noe av de utvalgte programmene funksjoner, potensiale og utfordringer i praksis. Et sammendrag av hvert enkelt intervju ligger i vedlegg 2.

Tabell 5- 1: Liste over intervjuobjekter

Nr.	Navn	Bedrift	Stilling	Prosjekt	Program
1	Johan Brommeland Selmar	Veidekke	Digitalisering og IT-ansvarlig	Vitaminveien 11	Synchro Navisworks ALICE
2	Gunnar Skeie	Kruse Smith	Avdelingsleder VDC	E39, SUS2023, Trafostasjonen NSL i Kvilldal, HiB	Synchro Navisworks ALICE
3	Caroline Jørgensen	Skanska	Produksjonsleder	Tønsberg sykehus	Vico Office
4	Bo Christian Trollsås	AF-gruppen	Planlegger VDC	Pilot-prosjekt Bispevika bolig	ALICE Synchro
5	Jens Fredrik Langlo	Kruse Smith	Utvikler VDC	Tønsberg sykehus, Kjøpesenter i Bergen, Helikopter hangar i Finnmark	Vico Office
6	Adrian Christoffer Myrtveit	Hent	BIM-tekniker		Synchro Navisworks
7	Eva Kathrine Frøisland	Origo Arkitektgruppe	BIM-koordinator	BUS2 i Bergen	Synchro
8	Dr. Bhargav Dave	VisiLean	CEO		VisiLean
9	Christopher Carlsen	BetonmastHæhre	Anleggsleder	Lystlunden idrettshall	Synchro
10	Roar Fosse	Skanska	Avdelingssjef BIM & VDC	Langevatn	Synchro Navisworks
11	Per Ferdinand Stensund	Skanska	Rådgiver BIM & VDC	Hjelset sykehus, Ensjø Torg	Synchro
12	Prof. Martin Fischer	Stanford University	Professor, avdeling bygg- og miljøteknikk		

---

### 5.1.1 Valg og bruk av 4D-verktøy

I den norske byggebransjen er det programmet Synchron som ser ut til å være mest utbredt, men grunnen til det virker å være et resultat av tilfeldigheter og ikke nødvendigvis en grundig gjennomtenkt vurdering. Slik det er i dag har en del av de store entreprenørene lisenser for flere av programvarene, hvor bruken av disse varierer fra prosjekt til prosjekt. Det har vist seg at bruken av 4D i stor grad er avhengig av personlig interesse fra funksjonærer. Det er lite erfaring med å bruke 4D-programmer i prosjekter fra start til slutt, men det er forsøkt i noen tilfeller med varierende hell.

### 5.1.2 Prosjekterfaring på plannivå

I intervjuene er det spurt spesifikt blant annet om hvordan 4D er blitt brukt i prosjekter gjennom de ulike fasene nevnt i 3.1.3. *Planleggingsnivåer*, i tillegg til oppfølging. Dette for å få et bedre bilde av hvordan verktøyene benyttes på ulike plannivåer, og forsøke å se hvor utfordringene og potensialet ligger.

#### Hovedplan

Det er på hovedplannivå det er mest erfaring med bruk av 4D-program. Det brukes hovedsakelig til å visualisere planen og videreformidle vesentlig informasjon eller tankesett, eksempelvis til byggherre eller underentreprenør. Samtlige opplever at en slik grafisk fremstilling fungerer godt for kommunikasjon av planen. Det gir en bredere forståelse og bidrar til overenstemmelse av hovedtrekkene i prosjektets fremdriftsoppbygging.

Ved utarbeidelse av en hovedplan benyttes ofte 3D-modeller laget av arkitekter eller rådgivere for forskjellige fag. Selve fremdriftsplanen lages som regel av entreprenøren. Problemet som ofte oppstår ved utarbeidelse av hovedplan er at detaljeringsgraden på modell og plan ikke stemmer overens. Dette hovedsakelig på grunn av utilstrekkelig informasjon, noe som er vanlig på dette nivået.

*«Ofte er det å kunne ta tiden til å bearbeide og få den detaljeringsgraden som man trenger en dørterskel» - Jens Fredrik Langlo, VDC-utvikler, Kruse Smith*

---

## **Faseplan**

Faseplanlegging i 4D-programmer gjøres i varierende grad av intervjuobjektene. Flere bedrifter bruker tilleggsprogram til formålet, fordi de mener 4D-programmene har for kompliserte brukergrensesnitt til dette. I dag benyttes det gjerne lappeplanlegging til utarbeidelse av faseplan, da LPS er et etablert system hos veldig mange bedrifter. Flere av intervjuobjektene ønsker en eller annen form for digital lappeplanlegging i 4D-programmet. VisiLean er det eneste av 4D-programmene, sett på i denne oppgaven, som per nå har et integrert digitalt lappeplanleggingssystem i tradisjonelt format. Men, ALICE kan også gjennomføre digital lappeplanlegging gjennom oppskriftene i flytdiagrammet.

## **Utkikksplan**

Det er ikke mange av intervjuobjektene som har benyttet 4D på utkikksplan. Når 4D ikke blir benyttet på faseplan, anses det heller ikke hensiktsmessig å bruke det videre nedover i planhierarkiet. For å ta det i bruk på et såpass detaljert nivå er en avhengig av å sette av mye tid for å etablere et godt system fra starten av, det blir da et spørsmål om kost-nytte. Alle 4D-programmer har i teorien mulighet til å lage en utkikksplan, men det er kun VisiLean og Vico Office som har en hierarkisk funksjon som fremstiller denne planen. I Synchro kan fremstillingen modifieres gjennom filtreringsfunksjonen.

Ved utarbeidelse av en utkikksplan er det stort fokus på de 7 forutsetningene for sunne aktiviteter. Flere intervjuobjekter påpeker at det ikke eksisterer noen funksjon for å avstemme disse i programmet de benytter, men at det er svært ønsket. VisiLean fremkommer som det eneste programmet med en operativ sjekkliste for de 7 forutsetningene for klargjøring av aktiviteter.

Visualisering med tanke på HMS og risiko er i tillegg nevnt som en potensiell fordelaktig effekt med 4D på kortsiktige planer. Ved å skissere risikosoner og kontrollere om det er planlagt arbeid i disse sonene, vet fagarbeiderne hvor det er risikofylt å oppholde seg gjennom en simulering eksempelvis på brakkeriggen. Dette kan føre til færre ulykker noe som det er stort fokus på i bransjen.

---

## Ukeplan

Det er få av intervjuobjektene som har benyttet 4D på ukeplanlegging. Hovedgrunnen til dette kan ses i sammenheng med detaljeringsproblemtikken som fremkommer på utviklingsnivå. Flere opplever at ukeplanen krever store datamengder, noe som medfører at det blir for mange aktiviteter å forholde seg til. Planen blir av den grunn oppfattet som uoversiktlig, og dermed vanskelig å håndtere, dersom det ikke finnes mulighet for å tilpasse fremvisningen. I tillegg blir det vanskelig å kommunisere de aktuelle aktivitetene til de respektive fagarbeiderne.

Synchro, Vico Office og VisiLean kan i teorien benyttes på ukeplannivå grunnet sine filtreringsegenskaper. Når det gjelder utforming og kontroll av ukeplanen anser intervjuobjektene det hensiktsmessig at fagarbeiderne selv er med på å berike planen. Med tanke på deres erfaring og kunnskap økes planpåliteligheten ved direkte involvering. Av de programmene som er vurdert i oppgaven er det kun VisiLean som gir fagarbeiderne mulighet til å opprette underaktiviteter til angitte oppgaver.

## Oppfølging

*«Det å kunne viderefordre informasjon mellom hovedkontoret, feltkontoret og fagarbeiderne er elementært for å ikke generere forsinkelser underveis i prosjektforløpet»*

*- Dr. Bhargav Dave, CEO VisiLean*

Majoriteten av intervjuobjektene mangler erfaringer med bruk av 4D på oppfølging. Det blir nevnt at en stor utfordring er å få involvert alle underentreprenørene til å rapportere status på egne aktiviteter fortløpende i 4D. Det må være tilrettelagt for oppfølging på selve byggeplassen, og være tilpasset fagarbeiderne for å enkelt stemme av fremdrift på et nettbrett/smarttelefon. Ved å oppdatere fremdriften i sanntid i en applikasjon sendes tilbakemeldinger og kommentarer til funksjonærer på feltkontoret, slik at det blir håndtert fortløpende. Denne måten å jobbe på anses som tidsbesparende, for eksempel i et basemøte hvor man bare trenger å gjennomgå de punktene som er kritiske, og ikke hver eneste aktivitet. Intervjuobjektene mener at oppfølgingsapplikasjoner har stort potensiale, men de få som har erfaring med det påpeker svakheter i de eksisterende systemene. Per dags dato er det bare Synchro og VisiLean som har egne oppfølgingsapplikasjoner.

---

### 5.1.3 Opplevde fordeler ved bruk av 4D-program

*«Den største fordelen med bruk av 4D er visualisering og kommunikasjon av planer. Gantt ble oppfunnet en gang tidlig på 1900-tallet og det er vanskelig å lese et Gantt-skjema, selv for de som har laget planer i årevis. I et Gantt-diagram er det heller ikke så lett å vite noe om konsekvenser av planen lenger ut i løypa. Jeg har aldri hørt om et prosjekt i Norge, eller i verden, som ikke har funnet logiske feil når de har koblet 3D og plan. Så der har du effekten»*  
– Gunnar Skeie, leder for VDC-avdelingen i Kruse Smith.

Intervjuobjektene mener at simulering av planer har ulik verdi i de forskjellige fasene gjennom et prosjektforløp. Visualisering til innsalg i anbudsfasen gir en intuitiv fremstilling til byggherre og investorer, mens i gjennomføringsfasen bidrar det til en mer entydig forståelse av fremdriftsplanen blant fagarbeiderne.

Når en visualiserer planer får man også mulighet til å kontrollere om det man har planlagt faktisk er gjennomførbart. 4D åpner opp for en helt ny måte å oppdage egne planleggingsfeil, og eventuelle kollisjoner mellom aktiviteter.

*«Vi hadde en eldre mann på anleggssiden som skulle teste 4D på et prosjekt. Når vi hadde linket planen hans så vi at han hadde planlagt støp av vegg før dekke. Han så da effekten med en gang. Dette er et enkelt bevis på viktigheten av kontroll. Jeg mener at man får effektivisert planen bedre med en god visualisering»*  
– Johan Brommeland Selmar, digitalisering og IT-ansvarlig i Veidekke

Dette fører til bevissthet rundt valg, og diskusjoner som ellers ikke ville blitt tatt. Flere nevner fordeler ved at man kan sitte inne i programmet og teste ulike planmuligheter, for så å få vite konsekvensene av endringene med en gang. Dette kan være både tid- og kostnadsbesparende gjennom at tverrfaglig koordinering forenkles, også på tvers av entrepriseformer. Et av intervjuobjektene poengterer at samspill mellom 3D-modellen og fremdriftsplanen gir en bedre forståelse av hva man faktisk planlegger. 4D bidrar til å løse utfordringer som prosjektene har slitt med å håndtere tidligere.

*«Det at man bygger digitalt først sikrer byggbarhet og rekkefølger på aktiviteter, noe som igjen kan gi en besparelse ved at man ikke bygger feil eller ineffektivt»*  
– Eva Kathrine Frøisland, BIM-koordinator i Origo Arkitektgruppe

---

---

Et annet eksempel er fra Prof. Fischer som forteller om effekten av 4D på et sykehusprosjekt i 1993. Hovedutfordringen der var at renovasjonen ikke skulle hindre operativ drift av sykehuset. Byggherren ønsket at det til enhver tid skulle være mulig å komme seg til hvilken som helst del av sykehuset, uten å ta pasienter ut av bygning. Derfor måtte hovedentreprenøren sørge for at alle avdelingene var tilgjengelig og koblet sammen gjennom hele byggeprosessen. Dette er tilnærmet umulig for en gruppe mennesker å tenke seg til på et prosjekt som går over 6 år i 2D, CPM og Gantt.

*«(...) Dette prosjektet hadde ikke vært mulig å gjennomføre, med de kravene, uten 4D»*

*- Prof. Fischer, Stanford University*

I tillegg opplevde dette prosjektet stor motstand i lokalmiljøet, men etter et møte hvor 4D-modellen ble vist, endret stemningen seg totalt. Beboerne i området fikk se hvordan byggeplassen ville forflytte seg slik at det ikke ville være konstruksjonsarbeider rett utenfor boligen deres i flere år, slik de hadde fryktet.

#### **5.1.4      Utfordringer knyttet til bruk av 4D-program**

I en 4D-modell er det flere kompliserte koblinger mellom modell og fremdriftsplan. Det resulterer i at det krever store ressurser for at en slik modell skal fungere i praksis gjennom et helt prosjekt. Man er avhengig av et gjennomtenkt system, et godt verktøy og ikke minst at alle på prosjektet er innstilt på å benytte 4D aktivt. Det blir et spørsmål om kost-nytte, da mange av programmene i praksis blir for kompliserte, og tar for mye tid å sette seg ordentlig inn i. Det er en utfordring å finne balansen mellom hvor komplisert modellen skal være, og nytten den har i produksjon. På den andre siden er dette fremtidens måte å planlegge på, og det kommer stadig krav fra byggherre at det ikke bare skal brukes 4D, men også 5D i nye prosjekter.

*«En av utfordringene med slik teknisk avansert programvare er at det er av og for eksperter.*

*Når vi ser på hvem som skal bruke programmet ute i prosjektene er det funksjonærer og fagarbeidere som ikke har tid til å bli eksperter på dette området»*

*- Dr. Bhargav Dave, CEO VisiLean*

Samtlige intervjuobjekter nevner brukergrensesnitt som en terskel for å implementere 4D-verktøy i prosjektene. Programmene oppleves som tidkrevende å sette seg inn i, og det må ofte gjøres på eget initiativ.



---

*«Synchro har for mange funksjoner og knapper som gjør at programmet fremstår som mer avansert enn det egentlig trenger å være»*

*- Johan B. Selmar, digitalisering og IT-ansvarlig i Veidekke*

*«Det er alt for mange avanserte funksjoner som vi nesten aldri får bruk for i Synchro. De kunne sikkert ha fjernet et par tusen knapper, og en hadde ikke merket det»*

*- Gunnar Skeie, leder for VDC-avdelingen i Kruse Smith*

Grunnet dette utvikler flere av bedrifter egne systemer som kan kobles opp mot 4D-programmet de bruker, nemlig for å simplifisere brukergrensesnittet. Det blir også nevnt at arbeidsmåten er noe tvungen, og mangler fleksibilitet med tanke på rekkefølgen ting må gjøres i. Dette kan være en av årsakene til at tanken bak å bruke 4D er god og prosessen begynner bra, men at det ikke blir benyttet gjennom hele prosjektforløpet.

---

## 6 DISKUSJON

*I dette kapittelet drøftes funn basert på teori og empiri. Det danner grunnlaget for besvarelse av problemstillingen og forskningsspørsmålene.*

### 6.1 Hvorfor benytte 4D?

Felles for de som benytter 4D i dag er ønsket om å forenkle og effektivisere bygge- og avgjørelsesprosessen. Det gir en helt ny innsikt i prosjektforløpet, og på den måten kan alle involverte mer intuitivt forstå prosjektets oppbygging gjennom visualisering. Ved å ta i bruk et slikt verktøy er det mulig å oppdage eventuelle feil, og løse problemer før de oppstår.

Dr. Bhargave Dave påpeker at en av utfordringene i byggebransjen er kommunikasjon. Fremgang i prosjektet er basert på det som skjer på byggeplass og en essensiell faktor er å kunne videreformidle status på aktiviteter for å ha kontroll på prosessen. 4D kan bidra til raskere informasjonsflyt mellom byggeplass og feltkontor gjennom integrerte applikasjoner i sanntid. Det kan tilrettelegge for mer effektiv oppfølging, og forhindre forsinkelser gjennom bedre kontroll og styring.

*«Det var et evig jag etter å samle informasjon om hva som foregikk på byggeplassen til enhver tid. Informasjonsflyten over progresjon på arbeidet som skjer på byggeplassen og til feltkontoret er en av de større utfordringene denne bransjen står ovenfor»*

*- Dr. Bhargav Dave, CEO VisiLean.*

### 6.2 Valg av 4D-verktøy

Ut fra det empiriske grunnlaget er det tydelig at veldig få har gjort en grundig vurdering ved valg av 4D-verktøy. Tabell 6-1 viser en sammenligning av 4D-programmene basert på Eastman et. al (36) sin liste over faktorer en bør ta hensyn til ved valg av programvare, presentert i Kap. 4.1.5 *Valg av 4D-verktøy*. Denne oversikten kan være et godt hjelpemiddel ved valg av verktøy, da den gir et innblikk i noen av forskjellene i programmene funksjoner og bruksmuligheter. Ved valg av 4D-verktøy bør det vurderes hvilke funksjoner som er ønsket, noe som kan variere ut fra bedriften og prosjektet det skal benyttes på.

Tabell 6- 1: Sammenligning av 4D-programmer basert på Eastman et al. (2011)

<b>Faktorer for valg av 4D programvare:</b>	<b>Synchro</b>	<b>Vico Office</b>	<b>Navisworks</b>	<b>VisiLean</b>	<b>ALICE</b>
<b>Importeringsmuligheter</b> <i>BIM: Hvilken filformater støtter programmet?</i>	AutoCAD, Autodesk, IFC, Navisworks, Revit, Rhino, mf.*	IFC- Versions IFC2x3, IFC4, SketchUp: Versions 8, 2013, 2017, Trimble Connect	IFC, NWD, NWF, NWC CAD-App, mf.*	IFC	NWD*
<b>Importmuligheter fremdriftsplan:</b> Hvilke formater aksepterer verktøyet?	MS Project, MS Excel, Primavera, Asta PowerProject, PMA Netpoint, Safran	Primavera, MS Project, MS Excel	MS Project, Primavera, MS Excel	MS Project, Primavera, MS Excel, Vico Control, Synchro Scheduler	Ingen
<b>Mulighet for å slå sammen og oppdatere BIM/3D-modell:</b> <i>Kan brukere slå sammen flere filer til en modell og oppdatere deler av, eller hele, modellen?</i>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
<b>Omorganisering:</b> <i>Kan brukere omorganisere data etter at den har blitt importert?</i>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
<b>Midlertidige komponenter:</b> <i>Kan brukere legge til, fjerne, midlertidige komponenter?</i>	Ja	Ja	Ja	Nei, men kommer	Nei
<b>Animasjoner:</b> <i>Er det mulig å simulere f.eks. detaljerte kranbevegelser eller byggets prosjektforløp?</i>	Ja	Ja	Ja	Nei, men kommer	Ja

<b>Analyse:</b> <i>Er de mulig å bruke verktøyet til å se på rom-tid konflikter?</i>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
<b>Output:</b> <i>Kan brukere eksportere 4D videoer med forutsatte synsvinkler og tidsperioder? Eksisterer det en enkel måte for andre å spille av simuleringene?</i>	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei
<b>Auto-kobling:</b> <i>Kan brukeren auto-koble bygningsobjekter med aktiviteter i fremdriftsplanen?</i>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

\* Se vedlegg 3 *Filformater* for oversikt.

### 6.3 Planleggingsprinsipper i 4D-verktøy

Det er mange planleggingsprinsipper som må ivaretas av et 4D-verktøy for at det skal kunne benyttes aktivt i et byggeprosjekt. For å kunne presentere og sammenligne de ulike 4D-verktøyene i et oversiktlig tabulert format er det utformet et sett med kriterier. Disse kriteriene er basert på sentrale funksjoner som anses som vesentlig for verdiskapning under de ulike prosjektstadiene, som er et resultat av teorigrunnlaget i kapittel 3.1.3 Planleggingsnivåer og empirisk data. Det er benyttet en skala fra 0 til 3, hvor kriteriene definerer funksjoner som må være tilfredsstillende for å oppnå gitt nivå. Null anses som ubrukelig, altså ingen verdiskapning på det gitte planleggingsnivået, mens tre anses som hensiktsmessig med høy tilfredsstillelse.

#### 6.3.1 Hovedplan

Det er flere faktorer som spiller inn ved utvikling av hovedplan, og hvilke funksjoner som er viktige ved bruk av et 4D-program. I en hovedplan er hele prosjektet i fokus og detaljeringsgraden er på et lavt nivå. En hensiktsmessig visuell plan inneholder nøkkeldatoer og milepæler for å lage et realistisk grunnlag for videre prosesser i prosjektet. Ved utvikling av planen er det viktig å kunne beregne start- og sluttdato, og identifisere potensielle

---

utfordringer i prosjektet for å unngå forsinkelser. Hovedplanen benyttes ofte som grunnlag i en anbudsfasen og ved kontrahering. Det er derfor ikke nødvendig med en plan som viser alt arbeid ned til minste detalj, og det er ofte ikke mulig på dette stadiet i prosjektet heller. Videre viser hovedplanen når og hvilken informasjon som er nødvendig for den som skal utføre jobben, som når utbetalinger skal skje og lignende. Mange prosjekter har lang varighet, noe som resulterer i svært mange aktiviteter det skal holdes kontroll på.

***1. Illustrere og håndtere en plan over et lengre tidsrom, og benytte CPM/PERT, Gantt-fremstilling.***

Programmet må kunne illustrere en plan over en lengre tidsperiode, og det må være enkelt å se hele varigheten til en plan. Det må kunne håndtere store mengder data, som et stort prosjekt som varer over flere år vil generere. I tillegg bør det være mulig å benytte CPM/PERT for å anslå prosjektet sluttdato, og hvilke aktiviteter som direkte påvirker denne. Fremdriftsplanen i programmet må kunne lages som et Gantt-diagram, som er den mest brukte måten i byggebransjen å fremstille planer på, slik at brukerterskelen ikke blir for høy.

***2. Fjerne/skjule aktiviteter, og enkelt å koble aktivitet og objekt***

En plan i et 4D-program har som hensikt å inneholde alle aktiviteter, men det vil sjeldent være hensiktsmessig at alle vises til enhver tid. Milepæler er et godt utgangspunkt og det bør være mulig å kun forholde seg til disse i planen. Videre bør det også være enkelt å koble sammen aktivitet og objekt i modellen, da dette er en viktig forutsetning for at det skal være intuitivt og ukomplisert å benytte programmet.

***3. Summere og samle aktiviteter, linke til andre planer.***

For å kunne bruke planen aktivt, bør det være mulig å summere aktiviteter basert på varighet eller lokasjon, og samle de som har kobling mellom seg. Det bør også være mulig å lage egne moduler for plannivåene slik at de enkelt kan framstilles. Videre burde det være mulig å linke til planer som innkjøp og produksjon. Sann situasjonen er i dag benyttes det flere forskjellige programmer i en bedrift, for fremdrift, økonomi, innkjøp osv. som er godt innarbeidet i systemene deres. Det er derfor en fordel at 4D-programmet kan implementeres i de allerede etablerte rutinene. På den måten kan en legge til rette for god kontroll av kostnad- og fremdriftsstyring.

---

### **6.3.2 Faseplan**

E faseplan forteller hvilke aktiviteter som bør gjøres. Det er milepæler fra hovedplanen som legges til grunn for denne planen. I intervjuene har flere poengtert viktigheten av å kunne fremstille en faseplan ved en eller annen form for lappeplanlegging. Inndelingen av de ulike fasene til faseplanen gjøres ved å finne punkt i prosjektet en kan måle fremgang opp mot, som for eksempel en milepæl eller en leveranse. Faseplanen krever også et høyere detaljnivå.

#### ***1. Legge inn aktiviteter og midlertidige objekter***

For å oppnå et tilfredsstillende detaljeringsnivå på faseplanen må det være mulig å supplere aktiviteter og objekter direkte i programmet. Det er viktig for utforming av faseplanen at underaktiviteter enkelt kan legges til ettersom de utarbeides gjennom bakoverplanlegging. På den måten skapes en oversiktlig arbeidsstruktur (WBS) med ønsket detaljnivå. Programmet bør ha en funksjon for å legge til midlertidige objekter for å illustrere kraner, containere, materialansamlinger eller annet av vesentlig betydning for de forskjellige fasene i prosjektet. I mange prosjekter er det lite plass tilgjengelig, og da er det svært nyttig å kunne vurderer visuelt hvor en for eksempel kan ha lagringsplass.

#### ***2. Simulere den faktiske produksjonsretningen, og splitte objekter***

Simulering av den faktiske produksjonsretningen vil si at programmet viser hvilken retning, fra øst til vest, nord til sør, et element eller en sekvens med elementer er planlagt å bygges. I tillegg bør programmet ha mulighet til å splitte objekter slik at det kan tilpasses aktiviteter og/eller soner etter definering. Når en modell utarbeides er det ikke alltid det blir tatt hensyn til at et bygningsobjekt krever flere aktiviteter for ferdigstilling, og derfor bør det være mulig å dele opp objektet og koble det mot tilhørende aktivitet.

#### ***3. Lokasjonsbasert planlegging. Mulighet for integrasjon med digital lappeplanlegging***

Det er en fordel dersom programmet benytter lokasjonsbasert planlegging, som for eksempel i form av skråstrekdigram. Det gir en bedre visuell kontroll og sammenfall med 3D-modellen. Dersom skråstrekdigram ikke er mulig er det hensiktsmessig om programmet har mulighet til å dele inn i soner, med for eksempel fargekoder. Videre burde det også være mulig å integrere lappeplanlegging digitalt i programmet. Det er viktig at denne funksjonen er enkel å bruke, siden en ønsker involvering av underentreprenører under denne planleggingsseansen.

---

### **6.3.3 Utkvikksplan**

For å utarbeide en velfungerende utviklingsplan er det flere elementer en må tenke på. I en utviklingsplan er det ønskelig å se nærmere på et intervall av faseplanen. Detaljeringsgraden øker tilsvarende og det anses som hensiktsmessig å kunne fokusere på aktivitetene for et fag, men også samhandlingen mellom dem. Utviklingsplanen knytter Lean- og LPS-metodikken opp mot avstemming av sunne aktiviteter for å sikre forutsigbare planer. Hensikten er å få samsvar mellom hva som bør gjøres ut ifra faseplanen, og hva som kan gjøres etter at hindringsanalysen er gjennomført. Med andre ord, fjerne hinder før produksjon slik at arbeidet kan utføres effektivt i best mulig rekkefølge.

#### ***1. Hensiktsmessig fremstilling av 3-ukersplaner***

I en utviklingsplan må det være mulig å fremstille en 3-ukersplan på en slik måte at en enkelt kan få oversikt over relevante aktiviteter som inngår i perioden. Det kan være ved å for eksempel zoome inn på tidsetappen en ønsker å fremheve, eller ved andre innstillinger. Planen må være enkel å forstå ettersom det er viktig å involvere alle aktører med mindre digital kunnskap i prosjektet under denne planleggingsfasen. Det er vesentlig at programmet kan dette for å tilfredsstille funksjonen en utviklingsplan har på et minimumsnivå.

#### ***2. Filtrere aktuelt arbeid på en enkel måte***

Programmet må kunne filtrere ønsket arbeid på en enkel og rask måte, slik at samhandling med tilhørende underleverandører forenkles og effektiviseres. Det vil si at en enkelt kan få oversikt over for eksempel alt tømrerarbeidet, eller hvilke aktiviteter en fagarbeider/leverandører skal gjennomføre.

#### ***3. Eksplisitt stemme av de 7 forutsetningene***

Programmet bør ha mulighet til å eksplisitt stemme av de 7 forutsetningene for sunne aktiviteter, og markerer klargjorte aktiviteter når forutsetningene er oppfylt, slik at alle involverte kjenner til status. Dette må kunne gjøres av utførende på byggeplass dersom det er de som skal ha kontroll på material, verktøy osv., slik at det blir rapportert tilbake til prosjektkontoret.

---

### **6.3.4 Ukeplan**

På ukeplannivå øker detaljeringsgraden ytterligere. Planen omhandler aktiviteter som skal bli gjort, og den strekker seg mellom en til tre uker frem i tid. Målet med ukeplanen er at alle aktører vet hva deres arbeidsoppgaver i prosessen er, og når de skal utføre oppgavene sine.

#### ***1. Hensiktsmessig fremstilling av ukeplanen***

Programmet bør ha mulighet til å zoome inn slik at det enkelt og oversiktlig viser den ønskede ukeplanen. Med flere detaljer å ta hensyn til, er det viktig at programmet har en god måte å håndtere en slik fremstilling på. Det bør være mulig å plukke ut aktuelle uker hvor en får oversikt over planlagte aktiviteter og tilhørende informasjon, hvor det også vises visuelt hva som skal gjøres.

#### ***2. Filtrere og sortere aktuelt arbeid på en enkel måte***

For å oppnå nivå 2 må programmet kunne filtrere og sortere det aktuelle arbeidet på en enkel og intuitiv måte. Dette er viktig på ukeplannivå siden selektiv informasjon skal videreformidles til de respektive basene som ønsker en ryddig plan over eget arbeid.

#### ***3. Mulighet for å tilpasse fremvisning til de som er på byggeplass på et nettbrett/smarttelefon***

Det er hensiktsmessig at basene både kan se og enkelt forstå sin respektive ukeplan på egenhånd når og hvor de måtte ønske. Derfor må programmet ha en tilpasset fremvisning som er egnet for de som er ute på byggeplass, gjerne på et nettbrett/smarttelefon i form av en applikasjon med forenklete innstillinger og fremvisningsmodus.

### **6.3.5 Oppfølging**

Ved oppfølging er det visse premisser som ligger til grunne, og det er en svært vesentlig del av produksjonen. I forhold til viktighetsgraden er det mange prosjekter som ikke følges opp tilstrekkelig. Med et 4D-verktøy skal det være mulig å hele tiden ha kontroll på fremdriften dersom det benyttes gjennom hele prosjektet, og programmet har tilrettelagt for den type oppfølging.



---

### ***1. Mulighet til å stemme av fremdrift***

Programmet bør ha mulighet til å stemme av fremdrift ved hjelp av definerte koder, minimum som ikke påbegynt, påbegynt og utført. Det må kunne gjøres enkelt ved enten å velge en aktivitet eller en bygningsdel og gi den riktig status med tanke på fremdriften.

### ***2. Stemme av både %-fremdrift, PPU-%, samt få analyser og skrive ut rapporter***

For å kunne styre et prosjekt er det helt avgjørende å ha oversikt over faktisk fremdrift i forhold til planlagt fremdrift. Derfor er det hensiktsmessig at programmet kan stemme av prosentvis fremdrift og/eller PPU. I tillegg burde det være mulig å generere analyser, samt utstede rapporter. Ved å ha disse mulighetene vil det være enklere å overvåke planer på alle nivåer, og optimalisere og evaluere ressurser slik at prosjektet gjennomføres mest mulig effektivt.

### ***3. Avstemme i sanntid ute på byggeplass i egen app***

For å effektivisere oppfølgingsarbeidet til funksjonærene tilknyttet prosjektet er det hensiktsmessig at underentreprenørene selv kan stemme av fremdriften på sitt arbeid. Ettersom de er den sikreste kilde til egen fremdrift reduseres usikkerheten forbundet med datainnhenting gjennom funksjonærer, selv om det selvfølgelig vektlegges at det jevnlig må kontrolleres for å være sikker på at det faktisk stemmer. Programmet på nivå 3 må derfor inneholde en funksjon for avstemming av fremdrift i sanntid ute på byggeplass i en egen applikasjon som samhandler godt med hovedprogrammet. Oppfølgingsfunksjonen må være tilrettelagt for at den enkelt kan forstås og benyttes, gjerne i form av en applikasjon som har egnet fremvisning på et nettbrett. I tillegg er det vesentlig om fremdriftsoppfølgingen er objekt- eller aktivitetorientert. Det vil si om det stemmes av fysiske objekter eksempelvis en vegg, eller oppførte aktiviteter som for eksempel sparkling.

## **6.4 Vurdering av programmene**

I dette delkapittelet vurderes programmene ut fra de egendefinerte kriteriene i kapittel 6.3 for å se hvordan 4D-verktøyene ivaretar prinsippene som er ansett som vesentlige ved bruk. Programmene tildeles poeng basert på om de oppfyller kriteriene. Da det er noen program som oppfyller deler av et kriterium vil det bli gitt pluss og minus. Begrunnelse vil bli gitt for

---

alle poeng for hvert av programmene som er valgt å vurderes i denne oppgaven. Vurderingene er basert på empirisk data fra vedlegg 2 og informasjon fra produsenten av programmene.

### **6.4.1 Synchrono**

#### **Hovedplan**

Synchrono er det 4D-programmet som benyttes av flest intervjuobjekter. Programmet kan illustrere en plan over et ubegrenset tidsrom, samt benytte CMP/PERT. Planene fremstilles som et Gantt-skjema, noe som gir planleggingsverktøyet et lavt brukergrensesnitt. Det er mulig å enkelt fjerne/skjule aktiviteter i planen for å få en mer oversiktlig plan, og en kan fargekode de ulike nivåene i «planhierarkiet». Det er relativt enkelt å koble sammen aktiviteter med objekter i modellen. En kan summere og samle aktiviteter etter ønske, men det er ikke tilrettelagt for å linke programmet direkte opp mot andre planer knyttet til eksempelvis innkjøp og produksjon. Derimot er det mulig å koble programvarer mot hverandre ved bruk av API-løsninger, og dette er noe de fleste programvarer kan i dag. Med dette gis Synchrono 3-på hovedplan.

#### **Faseplan**

Aktiviteter og midlertidige objekter kan tilføyes direkte i programmet for å fremstille en mer detaljert plan og virkelighetsnær simulering. Synchrono har et eget bibliotek med typiske riggobjekter, men en kan også importere egendefinerte objekter fra blant annet Google Sketchup. Synchrono kan simulere den faktiske produksjonsretningen i modellen, i tillegg til å splitte objekter hvis det er behov for det. Å splitte objekter er verdifullt for å unngå revidering av objekter tilknyttet soner tilbake i BIM-programmet.

Per dags dato har ikke Synchrono mulighet for integrasjon med digital lappeplanlegging, og en slik integrering er mye ønsket fra flere av intervjuobjektene. Det har blitt utført testprosjekter med dette, og det er under utvikling. På faseplannivå oppnår programmet foreløpig nivå 2.

#### **Utkviksplan**

Synchrono har en sterk filtreringsfunksjon. Det er enkelt å filtrere aktuelt arbeid, eller hele arbeidsgrupper som tømmer og betong. Det er også tilrettelagt for å filtrere etter firmanavn hvis det er ønskelig. Her kan en også sette opp ulike kalendere knyttet til de forskjellige

firmaene siden de gjerne har ulike arbeidstider. Når det kommer til hensiktsmessig fremstilling av utkikksplanen i Synchro finnes det ingen hierarkisk fremstilling av plannivåene. Derimot er det mulig å egendefinere en filtrering som gir en plan med de ønskede aktivitetene på utkikksplannivå. I tillegg er det mulig å sette ressurser på mennesker og utstyr, men programmet kan ikke stemme av de syv forutsetningene. Basert på dette når Synchro opp til nivå 2 på utkikksplanlegging.

### **Ukeplan**

Som på utkikksplannivå burde det også på ukeplannivå være mulig å filtrere og sortere aktuelt arbeid på en enkel måte, og dette er en funksjon mange er fornøyde med i Synchro. Fremstilling av ukeplanen kan modifiseres gjennom filtreringsfunksjonen på samme måte som utkikksplanen. En kan derimot ikke enkelt få en tilpasset ukeplan klar for avstemming på byggeplass på et nettbrett/smarttelefon. Det er mulig, men krever både tid og kompetanse, og anses ikke hensiktsmessig per dags dato. Det gjøres ved å opprette en egen mal som gir deg en rapport som illustrerer ukeplanen med tilhørende 3D-modell. De aktuelle elementene knyttet til ukens aktiviteter kan vises i modellen med fargekoder. Siden dette er beskrevet som omfattende, og lite kjent, er det vurdert at Synchro ikke tilfredsstiller dette kravet. Programmet havner av den grunn på nivå 2.

### **Oppfølging**

Synchro tilbyr oppfølgingsapplikasjonen Synchro Site. Dette gjør at det ikke bare er mulig å stemme av fremdrift i programmet, men også gjøre dette i sanntid ute på byggeplass i en skybasert løsning. En kan stemme av både ved å bruke fargekoder som indikerer status (rødt, gult og grønt), men også prosentvis fremdrift og PPU prosent. I tillegg kan en få ut analyser og rapporter. Det kommer imidlertid frem i intervjuene at applikasjonen ikke fungerer så godt i praksis grunnet svakheter i overføringen av informasjon. Dette trekker scoren noe ned. Programmet får derfor 3- på oppfølging.

## **6.4.2 Vico Office**

### **Hovedplan**

Vico Office fungerer godt på hovedplannivå fordi programmet, ved hjelp av skråstrekk- og Gantt-diagram, kan illustrere en plan over et lengre tidsrom. Programvaren benytter også

---

CPM, og viser den kritiske veien slik at brukeren blir bevisst på de tidskritiske aktivitetene. I tillegg har Vico Office en filtreringsfunksjon. En kan på den måten fjerne eller skjule uønskede aktiviteter på de ulike plannivåene. Programmet har en innebygd hierarkisk inndeling på plannivåene som gjør at detaljeringsgraden til de ulike aktivitetene sammenfaller med nivåene. Når det kommer til linking av aktiviteter til objekter gjøres dette gjennom klikk-dra-slipp i modellen, eller ved manuell tilkobling gjennom lister. Siden Vico Office originalt er et 5D-program er det tilrettelagt for å linke fremdriftsplanen til andre planer som produksjon, innkjøp, ol. Dette gjør at programmet scorer høyt på hovedplan, nivå 3.

### **Faseplan**

Vico Office er tilrettelagt for å kunne laste inn mer detaljerte modeller og planer etter hvert som produksjonen nærmer seg, men mye kan også oppdateres direkte i programmet. Siden programmet har sin egen planleggingsfunksjon er det enkelt å supplere ytterligere aktiviteter direkte. I tillegg kan elementer splittes og soner redefineres i forhold til hva som originalt er importert fra BIM. Det er også mulig å implementere enkle, midlertidige objekter i 3D visningen. Vico Office har derimot ikke mulighet for å simulere den faktiske produksjonsretningen. 4D-fremstillingen viser fargekoder på hele elementer som enten er påbegynt, utsatt eller ferdigstilt, og simulerer ut fra det aktiviteten som foregår på byggeplassen over det gitte tidsrommet.

Vico Office er et lokasjonsbasert 4D-verktøy hvor planleggingen hovedsakelig foregår i et skråstrekdigram. Det simplifiserer tilknytningen mellom plan og 3D-fremstilling. Selv om programmet er basert på LPS-metodikken er det ikke mulighet for digital lappeplanlegging. Derimot kan det gjøres manuelt, for deretter å flytte informasjonen inn i programmet. Vico Office ender dermed opp med en samlet score på nivå 2+ på faseplanlegging, grunnet delvis svakhet på nivå 3: digital lappeplanlegging, og 2: simulering av faktisk produksjonsretning.

### **Utkikksplan**

Grunnet oppbygging av detaljeringsgraden gjennom planhierarkiet anses programmet å ha en hensiktsmessig fremstilling av utkikksplanen. Vico Office gir også mulighet for å filtrere spesifikt arbeid som inventar, fasade, el. ved kun noen klikk. For å tilfredsstille alle krav satt til utkikksplan må en kunne eksplisitt stemme av de 7 forutsetningene i programmet. Dette kan en ikke foreta i Vico Office, og den får dermed score på nivå 2.

---

## **Ukeplan**

Grunnet oppbygging av detaljeringsgraden gjennom planhierarkiet anses programmet å ha en hensiktsmessig fremstilling av ukeplanen. Vico Office gir også mulighet for å filtrere spesifikt arbeid slik som inventar, fasade, el. ved kun noen klikk. Programmet mangler derimot mulighet for å fremstille ukeplanen fornuftig til de som er på byggeplassen. En slags ukeplan kan vises gjennom oppfølgingsdiagrammet, men dette anses ikke som en gunstig løsning. Grunnet dette ender programmet opp på nivå 2.

## **Oppfølging**

Vico Office har en oppfølgingsfunksjon som gjør det mulig å rapportere status på aktivitetene i hovedprogrammet eller på et nettbrett. Status vises med fargekoder som symboliserer påbegynt, påbegynt men forsinket, ikke påbegynt men skulle vært påbegynt, ol. Vico benytter derimot ikke prosentvis fremdrift eller PPU noe som trekker programmet noe ned. Det er mulig å generere både rapporter og analyser fra ulike segmenter i programmet, eksempelvis fremdriftsprognoser og konstruksjonsrapporter. Når det kommer til avstemming i sanntid i egen applikasjon er oppfølgingsdiagrammet på nettbrettet det nærmeste de kommer dette kriteriet. Det eksisterer ingen oppfølgingsapplikasjon direkte tilknyttet Vico Office, men Trimble, programvarens produsent, har en applikasjon kalt Trimble Prolog som trolig kan kobles til programmet. Grunnet dette ender Vico Office på nivå 2-.

### **6.4.3 Navisworks**

Informasjonen er basert på informasjon fra produsent og gjennom dybdeintervjuene. Flere av intervjuobjektene har prøvd Navisworks, men ikke i den grad som hadde vært ønskelig. Dette bærer oppgavens vurdering av programmet preg av. Det er også en feilkilde at det er ingen av intervjuobjektene som har drevet nevneverdig med Navisworks de siste årene, og det kan ha skjedd utvikling i programvaren som ikke plukket opp i denne vurderingen.

## **Hovedplan**

På hovedplannivå kan Navisworks fremstille en plan som strekker seg over et langt tidsrom. Planen fremstilles som et typisk Gantt-diagram, noe som er et pluss siden Gantt-fremstilling er det mest brukte i den norske byggebransjen. Dette bidrar til at det er lavere terskel for å ta i bruk programmet. For å koble sammen aktiviteter med objekter i modellen må man legge et

---

utvalg av objekter i en «mappe» for så å koble aktiviteter med objekter fra denne mappen. Man kan fjerne eller skjule aktiviteter inne i planen. Derimot kan det ikke linkes til andre planer, som for eksempel innkjøp eller produksjon. Med dette lagt til grunn oppnår Navisworks nivå 2 på hovedplan.

### **Faseplan**

Det er mulig å legge inn aktiviteter og importere midlertidige objekter som kraner og containere som IFC-filer. En kan derimot ikke splitte objekter, dette må gjøres i BIM. Dette er noe som er verdt å merke seg, siden de prosjekterende ikke nødvendigvis sitter med denne informasjonen, og dermed tegner eksempelvis veggelementer over to etasjer i BIM. Da kan det bli mye arbeid for den som sitter og planlegger i programmet.

En kan heller ikke simulere retningen på det som bygges. Hvis en har et dekke som skal legges fra øst mot vest på et tidsrom på to uker står de i Navisworks kun som et felt markert med «Under Construction». Etter de to ukene kommer dekket fram, men man har ikke fått noe informasjon underveis om hvor langt man har kommet. Programmet oppnår derfor nivå 1 på faseplan.

### **Utkvikksplan og ukeplan**

Navisworks tilbyr ikke en høy nok detaljeringsgrad til at programmet anses som hensiktsmessig til bruk i utviklingsplanlegging og ukeplanlegging. Dette er imidlertid informasjon fra intervjuobjekter som ikke har benyttet programmet på noen år, og det er viktig å merke seg at programmet kan ha fått en mer hensiktsmessig fremstilling av kortsiktige planer på denne tiden. Programmet har imidlertid gode filtreringsmuligheter i planen både i utviklings- og ukeplan.

Det er ikke mulig ikke stemme av de 7 forutsetningene i utviklingsplanen. Oppnår nivå 1 grunnet svakheter både i fremstilling av plan, og at det mangler avstemming av forutsetningene.

Navisworks har ikke har en funksjon som filtrerer ukeplanen direkte, selv om den kan sortere arbeid på en enkel måte. Dette gir ikke et optimalt utgangspunkt for å tilpasse fremvisning av planene til de på byggeplass på et nettbrett. Programmet tilbyr en tilpasning til nettbrett/smarttelefon ved at man kan markere de objektene en ønsker å ta med seg fra

---

modellen på kontoret og ut på byggeplassen. Måten dette må gjøres på gjennom BIM 360-programvarer er imidlertid omfattende. Programmet oppnår derfor nivå 1+ på ukeplannivå.

### **Oppfølging**

En kan stemme av fremdrift inne i Navisworks, men også ute på byggeplass dersom man kombinerer det med BIM 360. Det stemmes av ved bruk av farger som viser til status eller som prosent utført. Det er også mulig å eksportere rapporter og analyser knyttet til kollisjoner i modellen og sjekklister. Kombinert med BIM 360 er mulighetene enda flere.

Det finnes derimot ikke en egen applikasjon til nettbrett/smarttelefon for avstemming, så prosessen med å få modellen ut på byggeplass kan oppfattes som tungvint. På oppfølging oppnår programmet nivå 2.

#### **6.4.4 VisiLean**

VisiLean er det eneste 4D-programmet som ikke er testet ut av noen av de norske intervjuobjektene i denne oppgaven. Vurdering av programmet bærer derfor preg av manglende erfaringer. Av den grunn baserer det neste avsnittet seg på erfaringen til et subjektivt intervjuobjekt og inntrykket til intervjuerne, ettersom det ble foretatt en demonstrasjon av programvaren og dens funksjoner i forbindelse med videointervjuet med Dr. Dave.

### **Hovedplan**

Programmet kan enkelt og oversiktlig illustrere en hovedplan over et lengre tidsrom. Tidslinjen kan justeres fra prosjekt til prosjekt, og tilpasses etter ønske. VisiLean er basert på CPM, og benytter en klassisk Gantt-fremvisning av hovedplanen. Det er enkelt å koble aktivitetene mot modellen. Det gjøres enten ved å linke en aktivitet til et element, eller motsatt, i form av klikk-dra-slipp eller listekobling. Programmet har sin egen planlegger som gjør det er mulig å fjerne aktiviteter direkte. Man kan også skjule underaktiviteter og på den måten kan brukeren enkelt filtrere ut og samle aktuelt arbeid i forhold til detaljeringsnivået som er hensiktsmessig. VisiLean har også tilrettelagt for linking til andre utvalgte planer. På grunn av disse egenskapene får VisiLean en score på nivå 3-.

---

## **Faseplan**

Når det kommer til faseplan er det mulig å legge inn nye hoved- og underaktiviteter i Gantt View. Siden programmet har sin egen planleggingsmodul anses dette uproblematisk. Det er derimot noen begrensninger i 3D-moduset hos VisiLean. Det er ikke mulighet for å simulere prosjektet fra start til slutt, eller simulere den faktiske produksjonsretningen. En kan heller ikke implementere midlertidige objekter i 3D-modus, eller splitte elementer. Dette trekker ned scoren. Styrken til VisiLean på faseplanlegging er derimot den integrerte digitale lappeplanen. I tillegg kan man i Scheduler se planen knyttet opp mot tidsaksen og lokasjon, eller utøvende, som innlemmer lokasjonsplanlegging i programvaren. Som et resultat av at programmet er planleggingsorientert, med forankring i Lean- og LPS-metodikk, er slike elementære elementer i forhold til disse prosessene inkludert, og er med på å trekke den samlede scoren opp på nivå 2.

## **Utkikksplan**

Siden VisiLean har et eget oversiktlig filtreringssystem for fase-, utkikks-, uke- og utførende planer i Scheduler viser programmet en hensiktsmessig fremstilling av 3-ukersplaner. Det er i tillegg mulighet for å endre tidsrommet til utkikksplanen, slik at det best mulig er tilpasset det aktuelle prosjektet. Når det gjelder filtrering av aktuelt arbeid kan brukeren utvide eller minimere aktiviteter knyttet til utøvende eller lokasjon, i Scheduler. På den måten fremstilles det ønskede arbeidet oversiktlig i dette moduset. Siden programmet er LPS-basert er det innlagt, både i oppfølgingsappen og hovedprogrammet, en sjekkliste for å eksplisitt kunne stemme av de 7 forutsetningene. Dette gir dermed VisiLean full score på utkikksplan, nivå 3.

## **Ukeplan**

Siden VisiLean har et eget oversiktlig filtreringssystem for fase-, utkikks-, uke- og utførende planer i Scheduler viser programmet til en hensiktsmessig fremstilling av ukeplanen. De samme funksjonene eksisterer i uke- som i utkikksplanmodus. Det betyr at filtrering og sortering av aktuelt arbeid på en enkel måte er tilstedeværende også her. Det er ikke mulig å få opp ukeplanen direkte på appen, men siden VisiLean er et webbasert 4D-program som kan åpnes hvor som helst, kan man si at det har en hensiktsmessig fremstilling av ukeplan på et nettbrett dersom den har stor nok kapasitet. Programmet anses som svært bra til ukeplan og når opp på nivå 3.



---

## Oppfølging

Til oppfølging har VisiLean en egen aktivitetsorientert applikasjon som tilrettelegger for at fagarbeiderne kan holde oversikt og oppdatere egne arbeidsoppgaver i sanntid. Her kan det avstemmes fremdrift fortløpende i form av 7 forskjellige koder som påbegynt, ferdig, stoppet, forsinket, osv. I tillegg kan det også stemmes av prosentvis fremdrift både i form av arbeidstid og mengder (hvor det er innlagt). Grunnet den sterke forankringen i LPS-metodikken kan en også få opp PPU prosent. All informasjon tilknyttet oppfølging blir direkte koblet opp til Dashboard og Execution i hovedprogrammet, slik at funksjonærene til enhver tid har sanntidsoppdatering på hva som foregår på byggeplassen. I Dashboard blir informasjonen omgjort til statistikk utformet i diagrammer etter ønske. Her er det mulig å utføre analyser og eksportere rapporter. VisiLean får dermed høyeste score på oppfølging, nivå 3.

### 6.4.5 ALICE

Siden ALICE kun er benyttet i pilotprosjekter i Norge enn så lenge, er det ikke mange som har nevneverdig mye erfaring med implementering av programmet. Det resulterer i et noe tynt vurderingsgrunnlag. Evalueringen av programmet er dermed utformet på bakgrunn av empirien og en demonstrasjonsvideo tilsendt av Trollsås.

## Hovedplan

Programmets fremdriftsplan er basert på manuell input av oppskrifter og KI, og fremstilles som et Gantt-diagram. Svakheten til ALICE på hovedplannivå ligger derimot på fremvisningen av planen. Det er ikke en hensiktsmessig fremstilling av hele prosjektets tidsforløp når det går over et lengre tidsrom. Det er ingen zoom- eller summeringsfunksjon og derfor kan fremdriftsplanen kun vises i en standard modus. Siden programmet har mulighet for å legge til aktiviteter kan aktiviteter også fjernes. Det forekommer derimot ingen filtreringsfunksjon og det er derfor ikke mulig å skjule aktiviteter i ALICE. Når det kommer til linking av objekter og aktiviteter opererer ALICE på en helt ny måte grunnet KI. Sammenkoblingsprosessen drives automatisk av KI ved at oppskriftene knyttet til aktivitetene knyttes mot elementene med sammenfallende egenskaper spesifisert i BIM. Av den grunn kunne ikke tilkoblingsprosessen blitt enklere for brukeren. ALICE har ingen funksjon per dags dato som gjør den kompatibel for tilkobling av andre planer. Av overnevnte grunner får ALICE score på nivå 1+.

---

## **Faseplan**

Når det kommer til faseplanlegging fungerer ALICE relativt godt. Grunnet programmets oppbygging er det fullt mulig å legge til aktiviteter. Dette er også meningen siden programmet ikke støtter andre importeringskilder av fremdriftsplaner. Dersom en ønsker å implementere midlertidige objekter kan ALICE tilby en egen funksjon for dette, men kun for kran. Det er ikke mulig å legge inn andre objekter i 3D-visningen, men kranfunksjonen er velfungerende med tanke på rekkevidde, tilgjengelig bruk og opp-/nedrigging. Programmet kan derimot ikke simulere den faktiske produksjonsretningen, eller splitte objekter i 3D-modus. ALICE fokuserer mer på å samle elementer med lignende egenskaper i familier, eller nivåer enn å splitte de fysiske objektene i modellen.

For å oppnå nivå 3 må programmet ha lokasjonsbasert planlegging noe ALICE har integrert i sine algoritmer. Selv om fremdriftsplanen kun vises som Gantt, har KI evaluert tid-sted-konflikter. Det betyr at programmet i seg selv gjør det automatisk når den vurderer den best mulige planen i forhold til de gitte forutsetningene. Digital lappeplanlegging er også mulig å gjennomføre i ALICE. Selv om det ikke er et tradisjonelt oppsett kan det gjøres i oppskriftene. Det elementære er å samle de involverte innenfor den ønskede sekvensen en ser på, og jobbe ut fra prinsippene for bakoverplanlegging. ALICE ender dermed opp på nivå 2, fordi den møter de mest vesentlige kravene for faseplan. På grunn av de manglende 3D-funksjoner får ikke programmet høyere score.

## **Utkikksplan og ukeplan**

På utkikk- og ukeplan fungerer ikke ALICE per dags dato. Programmet har ingen hensiktsmessig fremstilling av hverken utkikk- eller ukeplan siden det ikke foreligger noe mulighet for å tilpasse tidsrommet i fremdriftsplanen. Det eksisterer heller ingen funksjon for filtrering. Videre er det ikke mulig å stemme av de 7 forutsetningene i ALICE. Siden programmet ikke kan illustrere ukeplanen på en hensiktsmessig måte er det heller ingen mulighet for å tilpasse fremvisningen av planen til de som er på byggeplassen. ALICE får 0 på de ovennevnte plannivåene.

## **Oppfølging**

Når det kommer til oppfølging kan ALICE stemme av fremdrift med tanke på status: påbegynt, ikke påbegynt, og ferdig. Brukeren kan legge inn faktisk start- og sluttdato på de

---

enkelte aktivitetene slik at det er mulig å få opp den faktiske fremdriften. Det tilrettelegger for at ALICE kan generere nye planer for videre arbeid ved eventuelle forsinkelser. For utenom å avstemme fremdrift på et overordnet nivå oppfylder ikke programmet noen av de andre kriteriene på oppfølging. ALICE får derfor 1+, siden det er mulig å legge inn faktiske tidspunkt for ferdigstilling.

Tabell 6- 2: Programoversikt ut ifra egendefinerte kriterier

<b>Plannivå</b>	<b>Kriterier</b>	<i>Synchro</i>	<i>Vico Office</i>	<i>Navisworks</i>	<i>VisiLean</i>	<i>ALICE</i>
<b>Hovedplan</b>	3. Summere og samle aktiviteter, linke til andre planer. 2. Fjerne/skjule aktiviteter, enkelt å koble sammen aktivitet og objekt i modell 1. Kan illustrere en plan over et lengre tidsrom, og benytte CPM/PERT, Gantt-fremstilling	3-	3	2	3-	1+*
<b>Faseplan</b>	3. Lokasjonsbasert planlegging, med mulighet for integrasjon med digital lappeplanlegging 2. Simulere den faktiske produksjonsretningen, og splitte objekter 1. Legge inn aktiviteter og midlertidige objekter	2	2+*	1	2*	2*
<b>Utkvikksplan</b>	3. Eksplisitt stemme av de 7 forutsetningene 2. Filtrere aktuelt arbeid på en enkel måte 1. Hensiktsmessig fremstilling av 3-ukersplaner	2	2	1*	3	0
<b>Ukeplan</b>	3. Mulighet for å tilpasse fremvisning til de som er på byggeplass på et nettbrett/smarttelefon 2. Filtrere og sortere aktuelt arbeid på en enkel måte 1. Hensiktsmessig fremstilling av ukeplanen	2	2	1+*	3	0
<b>Oppfølging</b>	3. Avstemme i sanntid ute på byggeplass i en egen app 2. Stemme av både %-fremdrift, PPU%, samt få analyser og skrive ut rapporter 1. Mulig å stemme av fremdrift	3-	2-	2	3	1+

\* Egendefinert spesialtilfelle: angitt verdi er utenom norm. Forklares nærmere i det aktuelle avsnittet under 6.2 Vurdering av programmene, hvor det er gjeldende.

---

## 6.5 Merverdi av 4D utover tradisjonell planlegging og tilhørende effekt

Tradisjonell fremdriftsplanlegging gjøres i 2D, gjerne i form av et Gantt-skjema. Ved store prosjekter kan disse planene strekke seg over mange sider, med tusenvis av aktiviteter. Dette gjør det utfordrende å forstå hvordan prosjektet skal gjennomføres. I dybdeintervjuene kom det tydelig frem at en 4D-modell gir innsikt som ikke tradisjonell planlegging kan gi på samme måte. I mange tilfeller hadde det ikke vært mulig å gjennomføre et prosjekt eller en oppgave uten å ha en fungerende 4D-modell.

Et nøkkelord som ofte brukes i forbindelse med 4D er *visualisering*, og det er på mange måter der verdien ligger. Derfor er det interessant å se på akkurat i hvilke tilfeller visualisering gir merverdi og effekt slik programmene brukes i dag.

Forsinkelser er noe som oppstår i de fleste prosjekt, og tid-sted-kollisjoner er en svært vanlig årsak. Ved visualisering i 4D kan man i stor grad eliminere denne type feil. Videre forsvinner også problemer med sekvenseringsfeil, som kan skje ved at aktiviteter legges inn med feil rekkefølge. En annen årsak til forsinkelser er dårlig kommunikasjon mellom feltkontor og byggeplass. Informasjonsflyten mellom disse partene er helt avgjørende for en smidig prosjektgjennomføring når det kommer til oppfølging og beslutningstaking. Enkelte 4D-program har oppfølgingsfunksjoner med sanntid som kan bidra til å forbedre denne informasjonsutvekslingen.

*«Noe av det jeg fokuserer mest på når jeg snakker med studenter er; ikke undervurder forsinkelser. Rollen forsinkelse spiller i denne bransjen er vesentlig. Det er ekstremt vanskelig å ta avgjørelser når informasjonen fra byggeplassen ikke når frem de som skal koordinere og planlegge hva som skal skje videre. Det kan sammenliknes med å kjøre bil og konstant sitte å se i bakspeilet istedenfor forover. Det medfører at avgjørelsene du tar skjer for sent, med tanke på hva som allerede har rukket å foregå i mellomtiden»*

*- Dr. Bhargav Dave, CEO VisiLean*

Det opplevd fordeler også med tanke på logistikk. På en byggeplass er det mange aktiviteter som må koordineres. Aktivitetene krever tilgang til materialer, utstyr og plass til utførelse. 4D-modellen gir den som planlegger mulighet til å legge inn alle disse faktorene slik at det sikres nødvendig tilgjengelighet på byggeplassen. På mange prosjekter er plass en kritisk ressurs, og med 4D-modeller kan planleggere legge inn alle relevante faktorer, og vurderer hvilken konstruksjonsstrategi som er best for det aktuelle prosjektet. I mange tilfeller utnyttes

---

ikke byggeplassens fullt ut, noe et 4D-verktøy kan bidra til å illustrere. Da får man mulighet til å benytte plassen bedre, noe som kan være verdifullt. Dette gjelder særlig på byggeplasser i de store byene hvor plass er en mangelvare.

Når 4D-modellen er ferdig utarbeidet har den mange bruksområder. Ved å vise frem en slik modell skaper det en bedre forståelse av prosjektet for de involverte som byggherre, underentreprenører, fagarbeidere og funksjonærer. Når alle har en felles plattform bidrar det til mindre rom for misforståelser, og med det unngå mange uheldige situasjoner som oppstår i dag. Videre kan modellen benyttes ved søknad om godkjenning fra offentlige myndigheter. Dersom det gjelder komplekse prosjekter er det ikke alltid at personen som skal godkjenne et prosjekt har nødvendig kompetanse til å forstå prosjektet fullt ut. Da vil det være nyttig å kunne vise en 4D-modell for å forenkle og fremskynde beslutningsprosessen. I anbudprosesser kan også en slik modell bidra til å vinne et anbud. Ved å se konstruksjonsstrategien fra start til slutt, er det enklere å avgjøre om man har planlagt en fornuftig måte å gjennomføre prosjektet på. Det samme gjelder for innsalg hos underentreprenør. Spesielt i sammensatte prosjekter kan det være vanskelig å forklare ved hjelp av tradisjonelle fremdriftsplaner hvordan den faktiske produksjonen vil være, noe som kan føre til mye usikkerhet.

I en del tilfeller opplever også prosjekthavere at det er motstand i lokalsamfunnet hvor et prosjekt planlegges. Dette kan oppstå av forskjellige grunner, men mange setter ikke pris på byggevirksomhet i nabolaget sitt over lengre tid på grunn av blant annet støy og rot. I slike situasjoner kan en 4D-modell vise hvordan byggeplassen vil utvikle seg etter hvert som prosjektet fremskrider, og på den måten fjerne usikkerheten interessenter har knyttet til prosjektet, noe som ofte er roten til skepsisen.

Det er heller ingen tvil om at byggebransjen opplever konflikter mellom blant annet byggherre og hovedentreprenør, eller mellom hovedentreprenør og underentreprenør. Disse havner noen ganger i rettssystemet, og krever da mye tid og kostnader. Bruk av en 4D-modell i forkant av et prosjekt minimere muligheten for slike situasjoner, men det kan også hjelpe til å løse konflikter i ettertid. Dårlig planlegging er et stort irritasjonsmoment for mange som holder på i bransjen, og dersom det oppstår rettslige konsekvenser med tanke på fremdriftsplanleggingen er det mulig å etterprøve planene i en 4D-modell. Da kan det raskt bli tydelig hvilke planer som har ført til problemene.

Det er ingen tvil om at 4D er et verktøy som har bruksmuligheter med merverdi utover tradisjonell planlegging, og potensial til å eliminere mange av de problemer som oppstår i byggeprosjekter i dag.

*«Det finnes et svært stort spekter av erfaringer ved bruk av 4D, og jeg er fortsatt overrasket over at ikke flere ser verdien av det» - Prof. Martin Fischer, Stanford University.*

Tabell 6- 3: Merverdi og effekt

<b>Merverdi</b>	<b>Effekt</b>
<b>Unngå tid-plass-konflikter og sekvenseringsfeil</b>	Tid- og kostnadsbesparende ved produksjon
<b>Forbedret forståelse av prosjektet og formidlingsevne</b>	Mindre rom for misforståelser, raskere beslutningstid
<b>Enklere godkjenning fra offentlige myndigheter</b>	Raskere igangsetting av prosjekter
<b>Enklere innsalg hos byggherre og underentreprenører</b>	Bedre mulighet til å vinne anbud og finne riktige underentreprenører
<b>Løse logistikkproblemer på byggeplass og bedre plassutnyttelsen</b>	En mer effektiv byggeplass
<b>Overbevis øvrige interessenter</b>	Minimere gnisninger mellom prosjekthaver og lokalsamfunn, samt. øvrige interessenter
<b>Løse konflikter</b>	Kan tydeliggjøre hvor problemer ligger, noe som gir mindre rom for unødvendige diskusjoner og krangler

---

## 6.6 Implementeringsterskel

Det er mange faktorer som spiller inn ved implementering av et 4D-program som går utover funksjonsmulighetene. Det ligger mye arbeid bak å innføre nye programvarer i et allerede etablert system, og for mange er implementeringsterskelen enda for høy.

Som resultatet fra empirien viser er brukergrensesnittet svært relevant for om programmet lar seg implementere i arbeidsstrukturen. Programmet må oppfattes som intuitivt, hvis ikke er det mange som raskt gir opp. I empirisk data fra kapittel 5, kommer det frem at 4D-programmer i dag anses som et ekspertverktøy ved utarbeidelse av modellen, da det krever gode datakunnskaper. Programmene er bygd opp slik at det er mulig å kode og tilpasse programvaren, men dette er ikke allmennkunnskap for funksjonærer i et prosjekt. Å benytte modellen til visualisering i de ulike programmene skal derimot være mulig å gjøre for de fleste involverte, så lenge det ikke er behov for store endringer. Hvis målet er å benytte 4D-verktøy gjennom hele byggeprosjekt bør det være mulig å tilpasse grensnett ut fra bruker. Med det menes at dersom en fagarbeider på byggeplass er bruker, er det tilstrekkelig at bestemte oppgaver med nødvendig informasjon vises på et nettbrett/smarttelefon.

Det kommer også frem er at programmet må kunne samhandle med allerede etablerte programmer. Et byggeprosjekt består av mange komponenter hvor alt skal planlegges og dokumenteres. Dette blir i dag i stor grad gjort digitalt, men i forskjellige dataverktøy. Det bør derfor være mulig for et 4D-verktøy å være dynamisk i møte med disse dataverktøyene.

Videre er også arbeidsmetodikken er stor hindring for mange. 4D-verktøyene krever på noen områder en ny måte å tenke på, noe som kan gjøre at inngangsterskelen blir for høy. Programmene baserer seg stor sett på kjente planleggingsprinsipper som Gantt, noe som gir mulighet til å importere planer fra de mest brukte planleggingsprogrammene. Hvordan planen bygges opp må likevel tilpasses 3D-modellen, og det betyr en høyere grad av samarbeid mellom de som utarbeider modell og plan.

Det er også fokus på videreutviklingsmuligheter som 5D, hvor kostnader også er inkludert i modelleringen. Dette er enda prematurt i byggebransjen, da det foreløpig ikke er noen gode, utbredte system for bruk av 4D. Likevel bør det inngå i vurderingen hvis det skal brukes mye tid og kostnader på å implementere nye programmer, hvilke muligheter en har etter hvert som programmet blir tatt mer i bruk. Til slutt må det være mulig for flere å arbeide i modellen samtidig, slik at alle har mulighet til å se, oppdatere og redigere.

---



---

## **Synchro**

Synchro har et brukergrensesnitt som oppfattes som noe komplisert grunnet mange funksjoner man sjelden har behov for. De fleste i byggebransjen i Norge bruker i dag Synchro når det kommer til 4D. Det kommer imidlertid fram av intervjuene at programmet ikke er komplett alene, og derfor bruker de tilleggsprogram som kan kobles opp mot Synchro. Synchro er et godt verktøy på hovedplan, men på ytterligere detaljering blir det for uoversiktlig. Når det kommer til oppfølging kan modellen kan følges opp på byggeplass ved bruk av Synchro Site. Applikasjonen har imidlertid et stort forbedringspotensial ifølge intervjuobjektene. Synchro viser én plan, og mangler gode verktøy for å justere planen basert på hva som foregår på dagsbasis på byggeplassen.

Programmet bygger på den kjente planleggingsmetodikken Gantt, enten ved importering eller ved å lage en plan rett inn i Synchro. Synchro Scheduler oppgis å være et godt planleggingsverktøy inne i programmet, og det kan anses som tidsbesparende å bygge opp planen ut fra 3D-modellen som er importert i stedet for å koble en ferdig plan med en ferdig modell.

Synchro anses som et rendyrket 4D-program, men det finnes måter å gjøre 5D. Derimot krever det en dedikert og fagkyndig person til 5D grunnet mye manuell input og programmering. I Synchro jobber man mest med objekter, og dermed må det legges inn elementpriser for å få en 5D. Dette bidrar til at byggherre kan se hvor store kostnader i prosjektet oppstår.

## **Navisworks**

Når man åpner programmet Navisworks ser det ved første øyekast ikke så avansert ut, tvert imot litt forenklet. Det har færre funksjoner enn eksempelvis Synchro, noe som gjør at utformingen i seg selv ikke skremmer brukeren. Fremvisningen av modell kan også tilpasses bruker, da man kan velge et utvalg av objektene fra modellen som skal vises på nettbrett på byggeplass. Dette er imidlertid en omfattende prosess fordi man må innlemme programvaren BIM 360.

I Navisworks kobler man 3D-modellen opp mot det velkjente Gantt-diagrammet, enten ved at det importeres fra eksempelvis MS Project, eller at det lages i TimeLiner i Navisworks.

---

Imidlertid anses ikke planleggingsverktøyet som ligger inne i Navisworks som et særlig bra verktøy, og flere har nevnt at man ikke kan kalle det for et planleggingsprogram.

En av styrkene til programmet er at 4D-simuleringen kan tillegges settinger som kamerabane-simulering, valg av hastighet i avspilling, lyssetting, materialer og lignende. Navisworks er under utvikling på flere områder. Blant annet med tanke på oppfølging på byggeplass og samhandling med BIM 360 sier de at det skal skje mye i tiden fremover.

### **Vico Office**

Brukergrensesnittet til Vico Office er for høyt ifølge intervjuobjektene med erfaring fra programmet. Det blir for komplisert og tidkrevende grunnet programmets komplekse funksjonsbase. For at det skal bli tatt i bruk må verktøylinjen forenkles, og 3D-modulen forbedres. Slik Vico Office opererer i dag må strukturen og prosessen bli mer fleksibel for at programmet skal fungere optimalt.

Arbeidsmetodikken i programmet er hovedsakelig basert på lokasjonsplanlegging, men det er mulig å se planen i et kjent Gantt-diagram hvis ønskelig. Nettopp det at programmet har denne skråstrekfremvisningen er noe av det intervjuobjektene med erfaring fra Vico Office legger vekt på. De poengterer at det er mer intuitivt å koble en lokasjonsbasert plan opp mot en modell på grunn av fellesnevneren lokasjon. Likevel er det en annen måte å arbeide på slik at det kan ta noe mer tid å innarbeide seg metodikken. Vico Office er det eneste programmet, i denne oppgaven, som har mulighet for skråstrekfremvisning.

Vico Office klassifiseres som et fullverdig 5D-verktøy, med egenskaper langt utover det de fleste andre 4D-programmene har per dags dato. Grunnet disse egenskapene kan programmet tilknyttes andre planer som innkjøp, produksjon ol. Dette medfører at Vico Office har gode forutsetninger for bruk i fremtiden når også 5D blir mer overkommelig for brukerne. Allerede ser flere nytten av å integrere kostnader med 4D slik at alle elementene er samlet i et og samme program under planlegging- og produksjonsforløpet. Så lenge de riktige funksjonene er tilrettelagt er kun brukeren sin egen begrensning.

---

## VisiLean

VisiLean har en oversiktlig utforming med få funksjoner i kontrast til Synchro og Vico Office. Det gjør det svært enkelt å navigere seg rundt i programmet. Grunnleggerne av VisiLean har fokusert på å bevare den rene fremstillingen for at programmet skulle være tilpasset brukergruppen. Siden programmet er av og for planleggere er hele brukergrensesnittet lagt på et nivå som er intuitivt forståelig for denne målgruppen. I tillegg er oppfølgingsappen simplifisert ytterligere for å imøtekomme neste nivå, fagarbeiderne. Brukervennligheten er derfor høy, og implementeringsterskelen lav for det gitte programmet. Ulempen er at på bekostning av forenklingen, er 3D-funksjonalitetene til VisiLean begrenset. Dette kan skape noe mer arbeid ved redefinering av objekter, og fullverdige simuleringer. Sett bort fra dette egner VisiLean seg godt til intuitiv planlegging i en mer utfyllende grad enn flere av de andre programmene.

Arbeidsmetodikken forankret i VisiLean er hovedsakelig hentet fra LC og LPS. Dette kommer tydelig frem i programmets oppbygging og utforming. Disse metodikkene er anerkjente, og godt utbredt i den norske byggebransjen. Derfor ligger det til rette for at en rekke eksisterende bedrifter, som allerede baserer seg på den samme arbeidsstrukturen, enkelt kan ta i bruk programmet. Fremdriftsplanen har et klassisk Gantt-format. I tillegg er det et integrert digitalt lappesystem i henhold til LPS-metodikken, som muliggjør denne planleggingsseansen i selve programmet. Det fremkommer også et eget vindu for å se planen i et rutenett som ligner Excel. Dette ble implementert av programutviklerne som et resultat av at brukerne ønsket en enkel og kjent utforming for fremvisning av arbeidsoppgaver til arbeiderne på byggeplassen.

VisiLean utvikler for øyeblikket programmets 3D-funksjonaliteter, slik at det er konkurransedyktig i forhold til de mer BIM-baserte 4D-programmene som Synchro, Navisworks og Vico Office. Dr. Dave understreket at programmet er forenklet sammenliknet med ovennevnte når det kommer til justering og implementering av objekter i 3D-modus. Derimot ligger VisiLean et steg foran når det kommer til integrering av LPS-metodikk, noe som er savnet i de andre programvarene. Når det kommer til 5D-kvaliteter har programmet ingen nevneverdige kvalifikasjoner, men det kan hende det blir et tema når 4D er godt nok implementert.

---

## ALICE

Brukergrensesnittet til ALICE anses lavere enn i i Synchro, Navisworks og Vico Office. Det grunnet den forenklete fremstillingen av verktøylinjen, og oversiktlige utformingen. I likhet med VisiLean er programmet simplifisert, og en del elementære filtrering- og 3D-funksjoner mangler i ALICE. Siden programmet hovedsakelig baserer seg på en annerledes fremgangsmåte enn tradisjonelle planleggere er vant til, kan det tenkes at det kreves litt mer av brukeren for å sette seg inn i programmets oppbygging. Men, programmets funksjoner er godt illustrert og brukervennligheten virker derfor mer enn overkommelig.

ALICE baserer seg på en helt ny arbeidsmetodikk. Grunnet KI og parametriske planlegging er det ingen av de andre programmene, sett på i denne oppgaven, som baserer seg på samme metodikk. Ved å gi programmet input som erfaring og kunnskap om hvordan en bygger de ulike elementene, genererer ALICE fremdriftsplanene for brukeren. Som et resultat av denne nye måten å planlegge på er det ikke mulig å importere fremdriftsplaner laget i andre programmer. Dette fordi poenget med programmets planleggingsmetodikk er på kort tid å kunne vurdere flere forskjellige planer basert på ulike premisser. ALICE tar også utgangspunkt i den kjente LPS-metodikken, som gjør det mulig å lappeplanlegge i programmets oppskrifter.

Når det kommer til videreutvikling i ALICE er det mye som skjer fremover, siden det kun har vært på markedet i ett år. Programmet har nylig blitt gjennomført demonstrasjoner på i Norge, og har enda til gode å bli tatt i bruk i norske prosjekter. Noen elementære funksjoner mangler før det vil bli aktuelt å kjøre det på prosjekter, men det er under utvikling. Hvis en ser på 5D-kvaliteter har ALICE allerede en forenklet kostnadsfunksjon. Utvelgelse av planer foregår i et diagram basert på total tid og kostnad for prosjektet, så det er mulig å legge til kostnader tilknyttet materialer, bemanning og utstyr. Om det skal videreutvikles til å kunne generere og eksportere planer og rapporter med denne informasjonen er usikkert, men det jobbes kontinuerlig med utbedringer etter kundenes behov.

---

## 7 KONKLUSJON

4D-verktøy har de siste årene blitt prøvd ut på flere norske byggeprosjekter, men med varierende suksess. Flere ser på bruken av 4D-verktøy som verdifull, men opplever verktøyene som for kompliserte og vanskelige å implementere i organisasjonsstrukturen. Videre er det tydelig at kunnskapen om funksjonsmuligheter ved forskjellige program ikke er særlig utbredt.

De utvalgte 4D-verktøyene har stort potensial når det kommer til å støtte og forbedre planlegging og styring av byggeprosjekt. Visualisering gir mange muligheter til å unngå situasjoner som ofte oppstår i forbindelse med konstruksjonsarbeidet. Ved å benytte 4D-verktøy kan man kontrollere at en valgt konstruksjonsstrategi er det riktige valget, noe som i dag kan være en utfordring ved å benytte Gantt-skjema alene. Det er også mulig å redusere de mest vanlige årsakene til forsinkelser som tid-sted-kollisjoner, logistiske utfordringer og sekvenseringsfeil i planen. Videre kan også verktøyene skape rom for å utnytte byggeplassen bedre, og raskere vurdere flere mulige konstruksjonsstrategier.

Synchro er det mest utbredte 4D-verktøyet i Norge, og det eneste programmet som viser faktisk produksjonsretning i 4D-modulen. Det forhindrer usikkerhet, og unødvendig tidsbruk på å forstå elementære fakta fra planen. I tillegg er det vesentlig for å utnytte byggeplassen best mulig til enhver tid med tanke på tid-sted-konflikter. Programmet har også gode filtreringsmuligheter som tilrettelegger for oversiktlig planlegging og styring på flere plannivå. Dette fordi relevant informasjon raskt kan tilpasses og vises til aktuelle aktører på en oversiktlig måte. Ved å benytte Synchro SCH til å lage planen ut fra modellen øker forståelsen for aktivitetenes rekkefølge. Dette kan redusere sekvenseringsfeil.

Det er mindre erfaring knyttet til Navisworks enn Synchro. Flere av intervjuobjektene nevner de har prøvd programmet tidligere, men forkastet det relativt fort på grunn av mangelfulle planleggingskvaliteter. Programmet har imidlertid gjennomgått flere oppgraderinger de siste årene. Navisworks styrke er helt klart 4D-simuleringen, grunnet de mange virkemidlene og mulighet for å kjøre kamerabane-simulering. Det bidrar til en flott, illustrativ anbudsmodell som gir enstemmig forståelse av prosjektgjennomføringen på overordnet nivå. Programmets kollisjonskontroll gjør det mulig å oppdage eventuelle kollisjoner mellom aktiviteter i planen. Denne funksjonen er behjelpelig i planleggingsfasen, og tidsbesparende under produksjon.

---

Vico Office skiller seg fra Synchro og Navisworks ved å benytte skråstreksplanlegging i tillegg til Gantt. En slik planoppbygging gjør det mulig å oppdage tid-sted-konflikter direkte i planleggingsverktøyet. I tillegg tydeliggjøres inaktive områder, noe som kan effektivisere produksjonen dersom dette arealet utnyttes. Det er også mer intuitivt å koble en slik plan mot en modell, fordi begge er lokasjonsbaserte. Grunnet skråstrekdigrammets informasjon og oppbygging kan en kjøre «hva-hvis»-simuleringer, og fastslå sannsynligheten for at planen utfolder seg som planlagt. Dette tilrettelegger for bedre planlegging og styring siden programmet gir en umiddelbar visuell tilbakemelding om eventuelle svakheter i planen.

VisiLeans styrke er fullintegrasjonen av LC og LPS-metodikk i programvaren. Programmet inneholder enkel filtrering av planhierarki, digital lappeplan og mulighet for å avstemme de 7 forutsetningene. Fagarbeiderne kan gjennom oppfølgingsapplikasjonen varsles om forsinkelser, rapportere status og stemme av forutsetninger på sine oppgaver. Videre kan de tilføye underaktiviteter på eget arbeid i programmet som øker planpåliteligheten. Disse funksjonene bidrar til involverende planlegging direkte i VisiLean noe som er tidsbesparende sammenliknet med måten det gjøres på i dag. Slik effektiviseres informasjonsflyten, planleggingsprosessen, og det tilrettelegges for bedre styring.

ALICE er en helt ny måte å planlegge på, derfor er det vanskelig å sammenlikne med de øvrige programmene. Det er det første av sitt slag som benytter parametrisk planlegging og KI, noe som effektiviserer planleggingsprosessen betraktelig. Dette fordi ALICE kan evaluere og optimalisere n antall planer på bare få minutter. Planpåliteligheten øker tilsvarende siden planleggeren får total oversikt over prosjektets konstruksjonsstrategier. Ved forsinkelser kan programmet omstrukturere fremtidige aktiviteter for å generere en ny, mer effektiv plan til videre arbeid. Dette åpner opp for bedre og raskere styring av prosjektet, samt kontinuerlig planeffektivisering så lenge ressursene klarer å omorganisere seg tilsvarende.

Mange av programmene har mye av de samme funksjonene, men det er likevel flere fundamentale forskjeller, og derfor er det viktig å ha oversikt over disse før en velger hvilket program en ønsker å ta i bruk. Synchro, Navisworks og Vico Office er svært BIM-baserte og har stort fokus på 3D-funksjonalitetene. ALICE og VisiLean er i motsetning til ovennevnte mer planleggingsrettet, og fokuserer mer grundig på planleggingsmetodikk. Å implementere et slik program krever tid, kostnad og ressurser, men hvis det gjøres riktig har det muligheten til å ta byggebransjen inn i det 21 århundre.

---

## 8 VIDERE ARBEID

Alle programmene er fortsatt under utvikling, og det antas at det vil komme mange tilpasninger og nye funksjoner i tiden som kommer. Bransjen kommer stadig med forslag til forbedringer som produsentene kan implementere i sine programvarer. I tillegg er det verdt å nevne at programmene er vurdert basert på informasjon fra intervjuobjekter og produsenter, og er derfor ikke etterprøvd eller testet i praksis. Det som ville vært interessant er å sette seg bedre inn i verktøyene ved personlig testing både på hypotetiske og realistiske caser. Dette ville gitt et mer fullstendig inntrykk, og bedre grunnlag for en helhetlig vurdering. I denne oppgaven var ikke det mulig grunnet tid- og kapasitetsbegrensninger.

Slik situasjonen er i dag er det for lite erfaring med 4D-verktøy i praksis. Bransjen har i liten grad hatt den viljen som trengs for å implementere verktøyene på et nivå slik at en får tilstrekkelig oversikt over deres potensiale. Det er tydelig at man trenger lengre tid på å omfatte denne typen verktøy, men hos mange er arbeidet godt i gang.

Vi håper at denne oppgaven kan bidra som et grunnlag for videre forskning på området, og at den gir bransjen et innblikk i hvilke muligheter som finnes i forskjellige verktøy. Programmene er i stadig endring, og selv om mange av kriteriene fortsatt vil være relevante, kan det være hensiktsmessig å oppdatere den informasjon som er gitt i oppgaven i tiden fremover.

---

## 9 FORSKNING OG UTVIKLING

Det finnes forskning på temaet 4D som belyser dets fordeler og utfordringer. Likevel sliter bransjen med å implementere det i sine organisasjonskulturer. Bruk av 4D har med andre ord flere utfordringer som må overkommes for at det skal benyttes på daglig basis hos bedrifter i den norske byggebransjen.

En faktor er at det krever for mye å gjøre om på arbeid som allerede er gjort med tanke på BIM og framdriftsplan, kun for at det skal tilpasses denne typen modell. I mange tilfeller fører det bare til at oppgaver gjøres dobbelt opp, noe de fleste ikke har tid til i denne bransjen. I stedet må det være mulig å tilrettelegge for bruk av 4D helt i starten av et prosjekt slik at dette blir unngått.

For at det skal være enklere å implementere 4D-verkøy kan det være en idé å utvikle en felles plattform med samme tankesett som er gjort med åpenBIM. En standard for hvordan en utarbeider en 3D-modell sett i sammenheng med fremdriftsplan vil gjøre det enklere å automatisere prosessen med å sammenkoble elementer med aktiviteter. For å få til dette må detaljeringsnivå, informasjon og struktur defineres etter en hierarkisk oppbygging, slik at alle har felles forståelse og retningslinjer. Med et slik grunnlag vil det kunne bidra til at en hel bransje enklere kan begynne å benytte disse verktøyene. Det igjen kan medføre at hele industrien opplever de positive effektene av 4D, også de som kanskje enda ikke har blitt oppdaget.



## 10 REFERANSELISTE

1. Dalland O. Metode og oppgaveskriving for studenter. 2007: Gyldendal Akademisk; 2007. 297 p.
2. Furseth I, Everett LE. Masteroppgaven: Hvordan begynne - og fullføre: Sage; 2013.
3. Gripsrud G, Olsson UH, Silkoset R. Metode og dataanalyse: Beslutningsstøtte for bedrifter ved bruk av JMP. Stavanger: Høyskoleforlaget; 2010.
4. Norås SBA. Finne kilder: NTNU; 2015 [Available from: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Finne+kilder>].
5. Produktivitetsfall i bygg og anlegg [Internet]. Statistisk Sentralbyrå. 2019 [cited 12.03.19]. Available from: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivitsfall-i-bygg-og-anlegg>.
6. Eiken P, al e. Byggekostnadsprogrammet - Programstyrets sluttrapport In: regionaldepartementet K-o, editor.: Regjeringen.no; 2010. p. 24.
7. Cnudde M, Bezelga A, Brandon P. Lack of quality in construction—Economic losses. Management, quality and economics in building. 1991:508-15.
8. Ballard G. The Last Planner System of Production Control [Doctor]. ettheses: University of Birmingham; 2000.
9. Statsbygg. Prosjektmodell 2019 [Available from: <https://www.statsbygg.no/oppgaver/bygging/prosjektmodell/>].
10. Eikeland PT. Samspillet i byggeprosessen—Teoretisk analyse av byggeprosesser. Oslo; 2001.
11. Cooke B, Williams P. Construction planning, programming and control. Chichester, U.K.: Wiley-Blackwell; 2009. 484 p.
12. Kalsaas BT. Lean Construction: Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon. Bergen: Bokforlaget; 2017.
13. Redman A. Bruk av VDC og 4D i Skanska-prosjekter [Master]. buildingsmart.no: NTNU; 2017.
14. Karlsen JT. Prosjektledelse; fra initiering til gevinstrealisering. 3. ed: Universitetsforlaget; 2013. 519 p.
15. Kerzner H, Kerzner HR. Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling: John Wiley & Sons; 2017.
16. Eliassen AG. Fremdriftsplanlegging i byggeprosjekter [Master]. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet; 2017.
17. Fosse R. Intern kommunikasjon og materialutveksling. 2019.
18. Aalmo OJ, Eggen JB, Lewis AD. Fallgruver i byggeprosjekter. Trondheim: Handelshøyskolen BI; 2014.
19. Halleraker S. Fremdriftsplanlegging i bygge- og anleggsproduksjon. Trondheim: Norges Teknisk-naturvitenskapelige universitet; 2014.
20. Rolstadås A, Olsson N, Johansen A, Langlo JA. Praktisk Prosjektledelse; Fra idé til gevinst: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS; 2014. 420 p.
21. Ramselien M. Implementering av VDC og 4D BIM i prosjektgjennomføring [Master]. brage.bibsys.no: Universitetet i Stavanger; 2018.
22. Kenely R, Seppänen O. Location-Based Management for Construction; Planning, Scheduling and Control: Spon Press; 2010. 554 p.
23. Eikeland E. Skråstreksplanlegging vs Gantt-planlegging for å koordinere av flyten i byggverdikjeder. brage.bibsys.no: Universitetet i Agder; 2009.
24. Frandson A, Seppänen O, Tommelein I. Comparison between location based management and takt time planning. Proc 23rd Ann Conf of the Int'l Group for Lean Construction; Perth, Australia 2015. p. 10.

25. Skinnarland S, Moen SE. Mot en mer inkluderende byggeplassproduksjon i Kruse Smith; Innføring av ny planleggingsmetodikk i pilotprosjektet Kanalpiren. Fafo; 2010.
26. Crawford M. 5 Lean Principles Every Engineer Should Know 2016 28.02.2019. Available from: <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/manufacturing-design/5-lean-principles-every-should-know>.
27. Womack JP, Jones DT. Lean Thinking- Banish Waste and Create Wealth in you Corporation. London: Simon and Schuster; 1996. Available from: [https://www.jstor.org/stable/3010314?seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/3010314?seq=1#metadata_info_tab_contents).
28. Olsen TLA. Effektivisering av prosjekteringsprosessen [Master]. buildingsmart.no: NTNU; 2015.
29. Lean Communication. Hva er Lean? leancommunications.no: Lean Communication; 2019 [Available from: <https://www.leancommunications.no/om-oss/hva-er-lean/>].
30. Ballard G, Howell G. Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow. 2nd Annual Conference on Lean Construction; Catolica Universidad de Chile Santiago, Chile. leanconstruction.org1994. p. 10.
31. Porwal V, Fernández-Solís J, Lavy S, Rybkowski ZK. Last planner system implementation challenges. Proceedings of the 18th annual conference in the International Group for Lean Construction; Haifa, Israel2010. p. 9.
32. Richert T. What is the Last Planner System? LeanConstructionBlog.com2017 [Available from: <https://leanconstructionblog.com/What-is-the-Last-Planner-System.html>].
33. Koskela L. An exploration towards a production theory and its application to construction. VVT Publications: Helsinki University of Technology; 2000.
34. Quach J. Vurdering av 4D som planleggingsverktøy i Veidekke: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet; 2018.
35. Vatne ME. Taktplanlegging og -gjennomføring ved Moholt 50|50 [Master]. brage.bibsys.no: NTNU; 2016.
36. Eastman C, Teicholz P, Sacks R, Liston K. BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Maagers, Designers, Engineers and Cotractors. Hoboken, New Jersey: John Wilet & Sons, Inc.; 2011.
37. Statsbygg. BIM - en digital måte å bygge smartere på. Oslo2010.
38. Aarseth I. BIM-strategi Helse Sør-Øst. Oslo: Helse Sør-øst; 2011.
39. Basu A. 4D Scheduling - A Case Study. AACE Int Trans Morgant. 2007.
40. Planning Planet. Applications / Advantages of 4D Modeling 2011 [Available from: <http://www.planningplanet.com/content/applications-advantages-4d-modeling>].
41. Synchro Softwares. The Digital Construction Platform: Synchro Ltd; 2018 [Available from: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/209864/Synchro%20PRO%202018%20-%20technical%20overview.pdf>].
42. Bogen TH. BIM 4D-Prosjektstyring og visualisering. Ved prosjektet Østensjøveien 16 [Master]: UiT Norges arktiske universitet; 2018.
43. Online; PC. Vico Control (BIM based software) projectcontrolsonline.com2019 [Available from: <https://projectcontrolsonline.com/vico-control-bim-based-software>].
44. Trimble Buildings. Vico Office User Guide. support.vicosoftware.com2016. p. 646.
45. Andresen JR, Guldahl SP, Haddal DE. 4D BIM - Fremdrift og Prosjektstyring [Bachelor]. ibim.no: Høgskolen i Oslo og Akershus; 2013.
46. Vico Office Integrated 5D BIM Construction Management Trimble. youtube.com; 2014. p. 5:42.
47. Trimble. Vico Office for Time gc.tribmle.com2019 [Available from: <https://gc.trimble.com/product-categories/vico-office-time>].

- 
48. Autodesk support. What is Navisworks? 2016 [Available from: <https://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/What-is-Navisworks.html>].
  49. Elgohari T. Visual Comparison between the Traditional and the 4D BIM approach in project management LinkedIn2016 [Available from: <https://www.linkedin.com/pulse/visual-comparison-between-traditional-4d-bim-approach-tamer-elgohari/>].
  50. Andreassen CP. 4D-planlegging og modellering. Stavanger: Universitetet i Stavanger; 2015.
  51. VisiLean. About VisiLean 2019 [Available from: <http://visilean.com/about-visilean/>].
  52. VisiLean. Features 2019 [Available from: <http://visilean.com/features/>].
  53. VisiLean. BIM in VisiLean: VisiLean; 2019 [Available from: <http://visilean.com/2019/03/25/bim-in-visilean/>].
  54. Selmar JB, Skeie G, Jørgensen C, Trollsås BC, Langlo JF, Myrtveit AC, et al. Sammendrag av intervjuobjekter. In: V.L. Westerlund LJB, J.E. Bjørnstad, editor. 2019.
  55. VisiLean. Gantt i VisiLean: VisiLean; 2019 [Available from: <http://visilean.com/2019/02/21/gantt-in-visilean/>].
  56. Dr. Dave B. VisiLean presentation. 2019.
  57. O'Connor T. ALICE Technologies19.03.2019. Available from: <http://www.construction-today.com/featured-content/exclusive-features/3365-alice-technologies>.
  58. ALICE Technologies. How ALICE Works alicetechnologies.com2019 [Available from: <https://alicetechnologies.com/how-it-works.html>].
  59. Trollsås BC. ALICE Demo. 2019. p. 06:8.

---

## **11 VEDLEGG**

Vedlegg 1 - Intervjuguide

Vedlegg 2 - Intervjusammendrag

Vedlegg 3 - Filformater

## INTERVJUGUIDE

### Generelt

1. Hvilket firma jobber du i og hva er stillingen din?
2. Hvilke tanker har du rundt 4D?
3. Hva er dine personlige erfaringer med bruk av 4D?
  - Hvilke program (både 3D og 4D) og prosjekt
4. Hvilke resultater forventer du med anvendelse av en 4D-modell?

### 4D i praksis

5. Hvilke prosjekter har du brukt 4D i?
6. Hva har du brukt 4D til i prosjektet? (Hvor i prosjektet)
7. Hvilke erfart effekt har 4D medbrakt prosjektet?
  - Fordeler
  - Ulemper
8. Hvilken effekt har du erfart med 4D på:
  - Hovedplan
  - Faseplan
  - Ukeplan
  - Evt. Oppfølging, avstemming av modellen
  - Tid, penger og ressursbruk (helhetlig oppfatning rundt bruk av 4D)
9. Er 4D kun for "eksperter" eller for flere funksjonerer i samme prosjekt? Ansees det som et spesialistverktøy?
10. Hva slags tilbakemeldinger har du mottatt fra prosjektdeltakende?

### Programmet

11. Hva er din helhetlige oppfatning av 4D? Er det verdt forarbeidet, kostnader, ressurs- og tidsbruken?
12. Vil du anbefale bruk av 4D som en standardisert metode for prosjektplanlegging?
13. Hvilke forbedringspotensialer for 4D vil du anbefale?

## Sammendrag av intervjuene

Nr.	Navn	Betegnes i teksten som	Bedrift	Stilling	Prosjekt	Program
1	Johan Brommeland Selmar	Selmar	Veidekke	Digitalisering og IT-ansvarlig	Vitaminveien 11.	Synchro Navisworks ALICE
2	Gunnar Skeie	Skeie	Kruse Smith	Avdelingsleder VDC	E39, SUS2023, Trafostasjonen NSL i Kvilldal, HiB	Synchro Navisworks ALICE
3	Caroline Jørgensen	Jørgensen	Skanska	Produksjonsleder	Tønsberg sykehus	Vico Office
4	Bo Christian Trollsås	Trollsås	AF-gruppen	Planlegger VDC	Pilot-prosjekt Bispevika bolig	ALICE Synchro
5	Jens Fredrik Langlo	Langlo	Kruse Smith	Utvikler VDC	Tønsberg sykehus, Kjøpesenter i Bergen, Helikopter hangar i Finnmark	Vico Office
6	Adrian Christoffer Myrtveit	Myrtveit	Hent	BIM-tekniker	Har brukt 4D på løfteoperasjoner i prosjekt	Synchro Navisworks
7	Eva Kathrine Frøisland	Frøisland	Origo Arkitektgruppe	BIM-koordinator	BUS2 i Bergen	Synchro
8	Dr. Bhargav Dave	Dr. Dave	VisiLean	CEO		VisiLean
9	Christopher Carlsen	Carlsen	BetonmastHæhre	Anleggsleder	Lystlunden idrettshall	Synchro
10	Roar Fosse	Fosse	Skanska	Avdelingssjef BIM & VDC	Langevatn	Synchro Navisworks
11	Per Ferdinand Stensund	Stensund	Skanska	Rådgiver BIM & VDC	Hjelset sykehus, Ensjø Torg	Synchro
12	Prof. Martin Fischer	Prof. Fischer	Stanford University	Professor, avdeling bygg- og miljøteknikk		

# 1. Johan Brommeland Selmar

## Erfaring med 4D

Det første intervjuet som ble foretatt til denne oppgaven ble gjort med Johan Brommeland Selmar fra Veidekke. Han jobber som digitalisering og IT-ansvarlig i region øst, og har brukt 4D-programmet Synchro på storprosjektet Vitaminveien 11 på Storo hvor han den gang fungerte som driftsleder. På dette prosjektet var målet å benytte Synchro gjennom hele prosjektforløpet.

I tillegg til Synchro har han også noe erfaring med Navisworks. «Du kan få inn fremdriftsplanen, og du kan linke aktiviteter med objekter. Men, hvis du oppdaterer fremdriftsplanen så mister du mye av linkingen, og da må du gjøre alt på nytt. For å kunne auto-koble kreves det at modellen og planen er kodet riktig. Når man da samarbeider med fag som koder på forskjellige måter blir det tull i modellen». Han summerer opp med å si at Synchro, etter hans mening, kan anses som summen av Navisworks og MS Project satt sammen i et program.

## Om programmet

**Hovedplan:** «Hovedfremdriftsplanen, først og fremst brukt i anbudsfasen, ble laget i MS Project før vi la den over i Synchro. Slik fikk vi en anbudsmodell vi kunne vise til byggherre. I starten brukte vi det til prefab-fasen, for å se hvilket bygg som burde gå opp når i forhold til neste bygg. Det er jo noen avhengigheter. I neste fase brukte vi det til prefab-montasje og krankapasitet. Da brukte vi 4D til en enkel visualisering av hvordan bygget går opp, for så å sette fargekoder på hvilken kran som skal benyttes på de elementene eller det området. Bare der kan man avdekke feil knyttet til hvor mange kraner som trengs, og hvor det utføres arbeid». Videre forteller Selmar at de benyttet sonemodeller som illustrerte hvor de ulike fagene skulle jobbe, noe som var nyttig å vise i fremdriftsmøter. «På denne måten vet alle, også de som er ferske på prosjektet, hva som blir snakket om og hvor de skal jobbe. Andre ting vi ser ved å bruke soner, er hvor folk ikke jobber».

**Faseplan:** «Et forbedringspotensial Synchro har er på faseplannivå. Jeg synes det skulle vært en eller annen form for lappeteknikk. I dag bruker vi tilleggsprogram for faseplanlegging, men vi skulle gjerne hatt det i Synchro».

**Utkvikksplan og ukeplan:** Selmar har ikke brukt Synchro på utviklingsplan- og ukeplannivå.

**Oppfølging:** Når det kommer til oppfølging forteller Selmar at møtereferatene ble lagret i Synchro. «Så alt ble status-satt etter basmøtene når de informerte om hvordan de lå an, og om noe ikke var ferdig». I prosjektet prøvde de også oppfølgingsappen Synchro Site, men grunnet en stor andel underentreprenører i prosjektet ble den lite benyttet. Selmar forteller at dersom

han skulle implementert dette på et nytt prosjekt ville han lagt inn 4D-oppfølging av egne aktiviteter som et punkt i kontrakten med underentreprenørene. «Ved å oppdatere progresjon i appen fra et nettbrett eller smarttelefon sendes tilbakemeldingene til de som sitter og planlegger, og de håndterer kommentarene. Når du da skal ha et basmøte, som hos oss er for 1-3 uker frem i tid, trenger man kun å gjennomgå de punktene som er kritiske, og ikke hvert eneste punkt. Dette sparer vi tid på». På spørsmål om det finnes andre måter å følge opp på forteller han at det har kommet en oppdatering på PPU i Synchro som de skal prøve ut, men at de i Veidekke hovedsakelig måler på om aktivitetene er sunne og etter status.

### **Effekt av 4D**

Selmar opplever at den største effekten med 4D er å gi de involverte på prosjektet en raskere og mer intuitiv forståelse om hva som skal foregå og i hvilken rekkefølge. Det resulterer i en reduksjon av tiden beslutningstakerne trenger for å ta avgjørelser knyttet til prosjektet.

«Jeg anser Synchro som et allmennverktøy. Man trenger kanskje noen spesialister for å lære det, men dette er jo bare et hjelpemiddel for de som jobber med planlegging. Det er enklere for en som er nyutdannet å planlegge ut ifra en modell, enn å skulle etablere alle aktiviteter selv». Han poengterer at ikke alle kan lese et langt Gantt-diagram, og flere vil heller ikke legge ned mye tid på å forstå det. «Mitt mål for prosjektet var å ha en 3-ukersplan på video som var på brakkeriggen til arbeiderne. I realiteten ble denne videoen stående inne hos funksjonærene på prosjektet, men ikke hos arbeiderne hvor den egentlig skulle vært. Da hadde de sett hvor de egentlig skulle ha jobbet».



Selmar forteller videre hvordan visualisering bidrar til bedre kontroll av planen. Feil kan forutses på en helt annen måte når man får en simulering av planen. «Vi hadde en eldre mann på anleggssiden som skulle teste 4D på et prosjekt. Når vi hadde linket planen hans så vi at han hadde planlagt støp av vegg før dekke. Han så da effekten med en gang. Dette er et enkelt bevis på viktigheten av kontroll. Jeg mener at man får effektivisert planen bedre med en god visualisering».

Til slutt sier Selmar at de har testet 4D i forhold til HMS og risiko ved å blant annet skissere opp risikosoner. «Det er jo også en form for visualisering. Da kan man kontrollere om det er planlagt arbeid i risikosoner. Dette bør være en simulering som står på brakkeriggen, sånn at arbeiderne vet hvor det er risikofylt å oppholde seg. Da kan de hvert fall ikke si at det var informasjon de ikke hadde fått».

### **Utfordringer med 4D**

Selv om Synchron medfører mye bra mener Selmar at programmet har forbedringspotensialer. Blant annet at utformingen av programmet med fordel kunne vært litt enklere. «Det er veldig mange funksjoner og knapper, noe som gjør at programmet gjerne fremstår som mer avansert enn det egentlig trenger å være. Det er vanskelig å få oversikt, og hvis man skal lære seg alt så må man lære seg koding». Videre mener Selmar at programmet burde satse mer på regelstyring og parametrisk plangenerering slik som ALICE er basert på, samt integrert en digital lappeplan. «Du kan bruke tilleggsprogram, men skulle gjerne hatt det i Synchron».

## **2. Gunnar Skeie**

### **Erfaring med 4D**

Gunnar Skeie er leder for VDC avdelingen i Kruse Smith som har ansvaret for digitaliseringen av kjerneprosesser i firmaet. Han har selv ikke benyttet 4D i prosjektsammenheng, men har testet så smått ut Navisworks, ALICE, og noe Synchron som er 4D-programmet som benyttes av Kruse Smith i dag. Skeie utdyper at han la Navisworks raskt fra seg ettersom han oppfattet programmet som uegnet for 4D formål. «Når jeg prøvde det kunne det ikke benyttes som et planleggingsverktøy. Det eneste du kan gjøre er å importere en plan, også kan du importere en modell, også kan du bruke masse tid på å koble det opp og

visualisere det, men du kan ikke gjøre noe mer. Jeg ser at de påstår at det har 4D funksjonalitet, men det har de strengt tatt ikke.» Videre forteller Skeie at Kruse Smith nettopp har foretatt en test med ALICE, og at det er et program som absolutt er verdt å kikke på.

Synchro har blitt kjørt på rundt 10-12 prosjekter, hvorav de nyeste er veiprojektet E39 Kristiansand vest – Mandal øst der Kruse Smith har alle betongkonstruksjonene for AF-gruppen, råbygget til SUS2023 som er det nye sykehuset i Stavanger, Trafostasjonen North Sea Link i Kvilldal og Høyskolen i Bergen. Synchro er hovedsakelig blitt benyttet for å visualisere hvordan man har tenkt til å bygge på overnevnte prosjekter. På E39 visualiserte de fremdriften av den første kulverten som skulle bygges, og på SUS2023 ble programmet også brukt til visualisering samt som et hjelpemiddel for å lage en alternativ plan i forhold til byggherrens forslag. «De fleste plassene vi har kjørt Synchro har det vært god effekt, men ofte har Synchro blitt brukt til å lage en film. Det er sjeldent vi har vært tidlig nok inne for å kunne visualisere planen for så å si «okei sånn kan vi ikke bygget det» eller «vi må angripe det på en annen måte», for da begynner man å få effekt av det» sier Skeie.

### **Om programmet**

**Hovedplan:** I enkelte tilfeller har Kruse Smith brukt 4D for å lage, og visuelt fremstille hovedplaner i anbudsfasen som de kan presentere for byggherre. Skeie mener derfor at Synchro har fungert veldig godt for kommunikasjon av planen, spesielt frem til det faktisk skal bygges.

**Faseplan:** Programmet tas også i bruk på faseplan nivå, hvor det opprettes arbeidspakker<sup>4</sup> som inneholder all nødvendig informasjon for å utføre jobben. «Arbeidspakkene blir opprettet i en omforent planleggingsseanse der fagene er med og sier noe om varighet og rekkefølge».

**Utkvikksplan:** I utkvikksmøte bearbeides arbeidspakkene som kommer 3-8 uker etter møtedatoen. Her legges inn, og oppdateres, de syv forutsetningene for sunne aktiviteter før hindringsanalysen foretas.

**Ukeplan:** Synchro benyttes derimot ikke aktivt på ukeplan nivå. Grunnen til at det ikke egner seg på ukeplan nivå er fordi det blir for mange jobbkort<sup>5</sup> å forholde seg til, og dermed

---

<sup>4</sup> En arbeidspakke er en aktivitet som har en varighet på maksimalt én uke.

vanskelig å håndtere. Jobbkortene som ikke ble utført som planlagt må flyttes, og den manuelle revideringen anses ikke hensiktsmessig å utføre i Synchro ifølge Skeie. Kruse Smith utvikler derfor noe de kaller for IPG, *Integrert Prosjekt Gjennomføring*, det vil si en egen digital tjenesteplattform med LPS-metodikk som kan sammenkobles med bedriftens kjernesystemer. Skeie forteller at de har utarbeidet et eget system for brukergrensesnittet, og lagt det på toppen av Synchro, fordi programmet er veldig lite egnet i møte med flere brukere på en gang. Et av fundamentene i LPS går nettopp på det å jobbe sammen om en plan, slik at det er elementært at flere har tilgang på planene slik at de kan berikes, og arbeidet kan deles til de involverte aktørene ettersom det begynner å nærme seg utførelse. Det er i IPG de utfører ukeplanleggingen og beregning av PPU for den aktuelle uken. Dataene fra jobbkortene aggregeres opp på tilhørende arbeidspakke i Synchro, slik at 4D-modellen oppdateres underveis med data forankret i det laveste nivået.

**Oppfølging:** For oppfølging er ikke Synchro Site brukt i Kruse Smith sine prosjekter. Skeie mener oppfølgingsappen har en grunnleggende feil i sin tilnærming om at planene lages av én person, som forteller alle hva de skal gjøre detaljert ned på dagsnivå, flere måneder frem i tid - det fungerer aldri i praksis. Programmet er nødt til å ha en åpning for å håndtere variasjon på byggeplass, der kommer LPS-tenkingen inn, slik at du skal kunne endre rekkefølge og måter å angripe bygget på basert på at det har forekommet uforutsette hendelser som påvirker fremdriften. I følge Skeie fungerer overhodet ikke Synchro på dette punktet, og han mener at det ikke eksisterer gode nok verktøy i programmet for å kunne justere planen basert på det som skjer på dagsbasis.

### **Effekt av 4D**

Synchro i en kombinasjon med IPG har blitt veldig godt mottatt i Kruse Smith. Det er foretatt en undersøkelse som viser til ekstremt god respons fra de involverte. Skeie tror det er fordi det løser en del problemstillinger som prosjektene ofte sliter litt med på en enkel og intuitiv måte. Slik Skeie ser det er Synchro, eller 4D, mest fordelaktig for å visualisere og kommunisere en plan. Han sier at selv erfarne planleggere har vanskeligheter med å avlese et Gantt-diagram, for så å vite noe om den påfølgende konsekvensen. «Den største fordelen med bruk av 4D er

---

<sup>5</sup> Når det kommer til ukeplanlegging brytes arbeidspakker ned i jobbkort. Jobbkort har maks én dags varighet, som er det minste nivået.

visualisering og kommunikasjon av planer. Gantt ble oppfunnet en gang tidlig på 1900-tallet og det er vanskelig å lese et Gantt-skjema, selv for de som har laget planer i årevis. I et Gantt-diagram er det heller ikke så lett å vite noe om konsekvenser av planen lenger ut i løypa. Jeg har aldri hørt om et prosjekt i Norge, eller ellers i verden, som ikke har funnet logiske feil når de har koblet 3D og plan - så der har du effekten». Han nevner videre at 4D potensielt sett kan få enda større nytteverdi, hvis en begynner å ta i bruk mengdene som er koblet til hver aktivitet. Denne informasjonen er ekstremt verdifull når det gjelder logistikk, samt når du skal si noe om varighet, produktivitet og hvordan den utvikler seg.

### **Utfordringer med 4D**

I følge Skeie er en av ulempene med Synchron brukergrensesnittet. Det er for tungvint å bruke, det krever spesialkompetanse og det er en del jobb å koble alt sammen, derfor blir det ikke brukt så mye som det potensielt burde, sier Skeie. Det er også en av hovedgrunnene til at Kruse Smith utvikler sine egne systemer som kan kobles opp mot Synchron for å simplifisere brukergrensesnittet. «Det er alt for mange avanserte funksjoner som vi nesten aldri får bruk for. De kunne sikkert ha fjernet et par tusen knapper, og en hadde ikke merket det». Et annet problem som du har med dagens løsninger er måling av produktivitet. «Det er ingen av entreprenørene som vet nøyaktig hva som skjer på byggeplassen fra dag til dag. Vi vet hva vi har planlagt, men lite om hva som faktisk foregår». Kruse Smith har dermed implementert loggføring av aktivitetenes progresjon på dagsbasis for bedre å kunne måle og følge opp produktiviteten.

## **3. Caroline Jørgensen**

### **Erfaring med 4D**

Caroline Jørgensen jobber som produksjonsleder hos Skanska, men har også tidligere erfaring som planlegger og kalkulator. Vico Office ble benyttet som et 5D verktøy på kalkulasjonsavdelingen, og Jørgensen brukte programmet aktivt under prising av Tønsberg sykehus. «I utgangspunktet var jeg med og kalkulerte og regnet pris på den jobben, men en stor del av prosjektet handlet om prosjektgjennomføring. De var spesielt interessert i dette med 4D, men også 5D, og hvordan man skulle løse det under selve gjennomførelsesfasen. Akkurat dette hadde ikke blitt gjort før på det aktuelle tidspunktet, så det var ikke en vanlig

måte å jobbe på i byggebransjen. Det har vel vært snakk om å prøve det i noen år, men det er ingen som har gjennomført det i praksis fullt med en kobling mellom kalkylen, 3D-modellen og fremdriftsplanen». Jørgensen forteller videre at hun endte opp med å jobbe med å koble disse tre elementene sammen, slik at for eksempel kostnader på elementer kunne vises i BIM. Prosjektet Jørgensen sitter på i dag hadde også ambisjoner om å benytte Vico Office i hele gjennomføringsfasen. De hadde lagt inn kalkulasjonsfasen, samt utarbeidet en hovedplan i Vico Office. Problemet oppstod i startfasen da det ble brukt for mye tid på å etablere en virtuell desktop, og få et system som kunne fungere i gjennomføringsfasen. «Det har vært liten tid til å drive pilotarbeid med prøving og feiling i dette prosjektet, så vi har hatt det liggende litt i bakhånd. Vi har brukt modellen som et utgangspunkt, men vi kom aldri så langt at vi har fulgt opp status i programmet». Det var dette som skjedde på Tønsberg sykehus forteller Jørgensen.

### **Om programmet**

**Hovedplan:** Når det gjelder planleggingsbiten er det veldig viktig at fremdriften kan følges tett i 4D, og ved hjelp av simuleringer se hvordan det potensielt skal bygges. På Tønsberg prosjektet ble Vico Office benyttet allerede i tilbudsfasen for å presentere nettopp dette. Jørgensen poengterer at en er avhengig av en del informasjon for å lage en god plan, noe som er vanskelig langt frem i tid hvis en ikke vet helt hva som skal bygges. Derfor har de implementert Lean- og LPS-prinsippene, der en øker detaljeringsgraden jo nærmere produksjonen man kommer for å få 4D til å fungere. I praksis «bryter man prosjektet ned i en hovedstruktur, altså en WBS, som baserer seg på bygningsdeler, for eksempel fasader som en aktivitet i en plan eller innredning i en sone. Videre lages en grov fremdriftsplan som kobles til modellen, som også på dette tidspunktet er veldig grov». Dette ble gjort på Tønsberg sykehus forteller Jørgensen. «Tanken er at i et program som for eksempel Vico Office så kan man laste inn mer detaljerte modeller, og lage mer detaljerte planer etter hvert som en nærmer seg produksjon». Hun mener at 4D fungerer godt på hovedplannivå, og skaper verdi med en slik overordnet visuell fremstilling.

**Faseplan:** Jørgensen kommenterer at hun tror det i første omgang er nok så urealistisk å faseplanlegge i et 4D-perspektiv grunnet brukergrensesnittet. Hvis det skulle bli benyttet «må det hvert fall komme noe veldig enkelt og bra vi kan bruke, for akkurat nå er det for vanskelig og tidkrevende». Det benyttes post-it lapper under faseplanleggingen i prosjektene hun har

vært på frem til i dag, men hun «tror at hvis man hadde lagt inn en faseplan og visualisert den i 4D hadde det vært kjempenyttig». Jørgensen understreker videre at det store spørsmålet blir «hvem skal gjøre den jobben?», det blir rett og slett «en vurdering av kost-nytte».

**Utkikksplan, ukeplan og oppfølging:** Siden Vico Office enda ikke benyttes på faseplannivå er det ikke hensiktsmessig å bruke det til utkikk- eller ukeplan heller, men Jørgensen sier at det i teorien skal være mulig. «Hvis du har kapasitet og det er avsatt nok tid til å etablere systemet i utgangspunktet, så skal det være enkelt å følge opp underveis. Men, da må det være gitt at man har satt av nok tid og ressurser til det i starten for å lage et enkelt system».

**Oppfølging:** Jørgensen forteller at Vico Office har en app tilsvarende Synchro Site som fungerer til oppfølging. Selv har hun ikke erfaring med oppfølgingsappen, men forteller at «man kan gå inn i modellen og pin'e de oppgavene som er utført».

### **Effekt av 4D**

«Markedet etterspør 4D, og 5D. Kundene våre vil ha det, og det er nyttig for produksjonen. Hvis jeg skal ut til en underentreprenør og formidle hva de skal utføre er det kjempegunstig å kunne vise de illustrasjoner av hva som skal skje fremover» sier Jørgensen. Tidligere har hun lagd planer i MS Project for så å fargelegge tilsvarende elementer i Solibri, og tatt stillbilder av hvordan det skulle se ut. Altså er tankegangen bak 4D vel etablert, det har bare ikke vært fullautomatisert i et program før. Jørgensen mener at effekten av 4D i første omgang er visualisering, men videre at man kan oppdage sine egne planleggingsfeil på en helt ny måte. «Hvis man kan visualisere tidlig nok, sitte inne i programmet, og teste ulike justeringer, for så å se konsekvenser det har for planen hadde det vært ideelt. Jeg tror da det ville fungert veldig bra hvis det kun satt et par personer internt i et prosjekt og testet fram og tilbake, men det er vanskelig å kombinere dette med de store planleggingsseansene med alle underentreprenører. Der har vi foreløpig ikke den fulle 4D-effekten, fordi det blir for mange folk, og det blir vanskelig å styre en sånn type seanse hvis man i tillegg skal ha en modell og masse som skjer på skjermen» poengterer Jørgensen.

En har i Vico Office muligheten til å definere lokasjonsbokser uten at det er gjort på forhånd i BIM. Det vil si at man kan «dele opp en vegg eller dekke», og tilpasse modellen etter soneinndelingen en ønsker å benytte i planen man oppretter i programmet. «Da får man også mengdene inn på riktig plass» noe som vil ha en positiv effekt gjennom hele

gjennomføringsfasen, inkludert oppfølging. Fordelen med Vico Office er nettopp det at det er lokasjonsbasert, slik at det passer godt for byggebransjen som jobber mye i områder. «Når vi planlegger snakker vi ikke generelt om at noe for eksempel skal males. Det er høyst relevant å vite hvor du skal male – og det hjelper skråstrekene deg veldig med». Jørgensen legger til at hennes mål hovedsakelig ikke var å koble en 3D-modell med hvilken som helst fremdriftsplan, for det kan man gjøre i mange program, men at intensjonen var å bruke Vico Office grunnet den positive effekten fra skråstreksplanlegging. «Den lokasjonsbaserte biten som er i Vico Office fungerer jo bedre å linke mot en 3D-modell, enn det Gantt-diagram gjør».

### **Utfordringer med 4D**

Den første ulempen med Vico Office «er at 3D håndteringen er ganske dårlig. Hvis du sammenlikner Vico Office sin 3D-modul med Solibri sin, kommer den uheldig ut. Den er vanskelig å manøvrere i, og uprofesjonell. Dette er kanskje en av de tingene som gjør at den ikke blir så attraktiv for oss å bruke». I tillegg legger Jørgensen til at de benytter Solibri for å kunne orientere, trykke, hente ut mengder og finne informasjon i modellen, og det fungerer ikke Vico Office så godt på. «Man må lage strukturen først, legge inn lokasjonsstruktur og gå hele prosessen for at programmet skal fungere optimalt, noe som medfører at det krever god kompetanse og forståelse. Man kan ikke bare sette seg ned og hive inn informasjonen for å ordne det underveis. Det er rett og slett et tungt program med lite fleksibilitet i forhold til rekkefølgen man jobber i».

Siden Vico Office er et skråstrekbasert program anses det mest hensiktsmessig å planlegge direkte i Vico Scheduler. Jørgensen forteller at de i utgangspunktet prøvde å importere Gantt-diagram fra MS Project, men at dette ikke var vellykket grunnet metodikkene er basert på vidt forskjellige prinsipper. «Gantt-diagram synliggjør ikke sonene, noe jeg mener er det som gjør at vi sliter med å koble det på en god måte opp mot en modell. 4D ville fungert mer optimalt hvis vi hadde evnet å legge en WBS- og LBS-struktur til grunn før vi lagde planen og kalkylen. På den måten er det en hel del lettere å etterpå gå inn og linke ting sammen» sier Jørgensen.

En av utfordringene som Jørgensen møtte på Tønsberg prosjektet var at rollen til de involverte i Vico Office ble litt til som tiden gikk grunnet manglende erfaring. «Du må ha en person som

styrer det, og de andre som skal jobbe i Vico Office må ha peiling på det de driver med, fordi du lager kompliserte koblinger mellom modell og fremdriftsplan. Vi kan ikke bruke masse fancy verktøy hvis vi ikke har strukturen i bunn. 4D krever mye systematisering for at det skal fungere optimalt. Programmet krever ganske mye for at gode systemer skal fungere gjennom hele prosjektet når mange skal benytte seg av det». Et av problemene oppstår når flere skal jobbe i Vico Office samtidig. «Vi har slitt med å finne en god måte å gjøre dette i praksis i Skanska. Man er avhengig av å ha en felles server, så de satte opp en virtuell desktop til oss, men det gikk veldig trengt». Jørgensen avslutter henholdsvis med å si at det er det tid, kvalitet og kost det bunner ut i. «I praksis vil mange av funksjonene i programmet bli for komplisert og ta for mye tid. Vi må finne en balanse mellom hvor komplisert og fancy det skal være, og få nytte av det ute i produksjon».

## **4. Bo Christian Trollsås**

### **Erfaring med 4D**

Bo Christian Trollsås jobber som planlegger i AF-gruppen i Oslo. I AF bruker de daglig Synchro på prosjekter, men grunnen til at vi har tatt kontakt med Bo i forbindelse med denne oppgaven er primært hans kjennskap til programmet ALICE. «Vi kjørte en pilot på programmet i august i fjor hvor de kom til oss i Oslo hvor vi hadde en hel uke med utprøving av programmet på et prosjekt. Vi har nå gått inn i avtale med dem og kjøpt programvaren».

### **Om programmet**

ALICE er et program som baserer seg på kunstig intelligens. Per nå er det imidlertid ikke mulig for AF å ta det i bruk, men de har tett samarbeid med ALICE Technologies og tror programmet og tanken bak det er fremtiden. Med tanke på potensialet sier Trollsås «Det som mangler er det som gjør at man faktisk kan ta programmet i bruk. Den lager planer, men den viser planen ganske dårlig. Det er heller ingen gode eksportmuligheter for den norske byggebransjen. I Norge er vi vant til å bruke MS Project og lignende, mens i USA bruker de fleste Primavera».

«ALICE er helt annerledes enn Synchro. ALICE har konsentrert seg om hvordan å lage planer på en rask måte basert på inputen. Programmet setter alt i system basert på en del



forutsetninger». Han forteller at de nok vil satse på Synchro helt frem til ALICE leverer det de trenger, men utelukker ikke at en mulighet er å bruke begge ved å koble de to programmene opp mot hverandre etter hvert.

**Hovedplan:** «I programmet laster man opp en 3D-modell, og det er egentlig det eneste du laster inn. Så begynner man å leke seg litt med måter å bygge opp modellen på med tanke på fysiske lover. Så grupperer man kanskje inn bygget i soner; hva som er logiske byggbare deler, også lager den egentlig planen for deg».

**Faseplan, utviklingsplan og ukeplan:** «Sånn som programmet kan brukes nå er det en faseplan, for i LPS-metodikk har man en fase man skal planlegge med lapper og setter en rekkefølge på dette. Dette er noe man fint kan gjøre i ALICE med flytdiagrammet som finnes der, og denne måten å jobbe på er veldig intuitiv. På utviklingsplans-nivå er man avhengig av andre ting programmet ikke kan tilby enda. Da må man på alle aktivitetene ha tenkt på de syv forutsetningene og sørge for at alt man trenger er bestilt. Man får egentlig en ukeplan servert med små tilpasninger man kan gjøre».

**Oppfølging:** Selv om Trollsås ikke har benyttet programmet til oppfølging siden de kun har prøvd det i et pilotprosjekt har han noen tanker om programmets funksjon for oppfølging. «Ideen bak oppfølgingen er smart. Spør du ALICE etter en ny vei kan den i teorien da lage en ny plan for deg. I praksis kan dette være vanskelig fordi det er en stor omstilling for de som jobber på prosjektet. Man har imidlertid mulighet til å låse planen for noen uker for så å la ALICE stokke om på planen for å se hva som skjer. Da har man mulighet til å se endringene lengre frem i tid og dermed rekke å omstrukturere arbeidsstokken. Det handler mye om hvor gode man er til å «snu om» på byggeplassen kontra i et program som sier at alt skal omorganiseres med en gang». Oppfølgingen i ALICE i dag fungerer sånn at man trykker på aktiviteter og får opp status på den: startet på, under arbeid og ferdig. Dette er statuser som blir avklart i møter av de som har utført oppgaven.

### **Effekt av 4D**

«Da vi hadde piloten i fjor satte vi opp en kjeller, som er en betongdel av et byggeprosjekt vi har, i programmet før vi begynte å se etter litt effekter. Totalt sett på kjelleren så vi en teoretisk besparelse på 18% i tid, og 15% i kostnader knyttet til arbeidskraft. Men, en ting er å se det i programmet, noe annet er hvordan det hadde fungert i praksis. I tillegg hadde vi et

råbygg som vi som vi brukte det samme programoppsettet for. Der kunne vi ikke spare like mye. Der var det en ukes arbeid bespart på en total byggetid på fem måneder». Han begrunner dette med at firmaet som gjorde råbygget var trimmet på dette området, noe som gjør at muligheten for besparelse var mindre enn på kjelleren på 48.000 m<sup>2</sup>.

På spørsmål om han anser ALICE som et allmennverktøy svarer han at programmet skulle hatt noe så enkelt som en app som knytter et visst antall aktiviteter til en person, slik at man enkelt kan rapportere status på egne aktiviteter. Dette er en funksjon som hadde gjort det mye enklere for en tømmer eller betongarbeider å bruke verktøyet.

«Det som er fint med programmet er at du får en del innsikt siden det kan gjøre «hva-hvis»-analyser. På pilotprosjektet prøvde vi å skalere opp mannskapet på byggeplassen opp til uendelig for å se hva det gjorde med planen. På to minutter får man da ut hundre nye planer som sier noe om hvor mye dyrere det blir og hvor mye raskere det går. Da så vi at det var faktisk ikke så mye dyrere. Man kan se hvor mange personer som faktisk har vært i arbeid. Alle de som var tilgjengelig, men ikke i bruk har også betalt – for å sitte på rumpa. Altså var det kun 15 av omlag 100 i arbeid til enhver tid. Fortsatt er dette alternativet billigere, fordi det går såpass mye raskere å ha de tilgjengelig. Vi prøvde også med ubegrenset med materialer (forskaling), og der fant vi enda større besparelser enn med personell, og det var noe vi ikke hadde tenkt på før. Den innsikten kan man ta med seg ut å si at vi har plass til mer materiell, henter det ut på plassen, og har det stående og på denne måten jobber vi raskere. Dette er den store verdien vi ser i dag, og i løpet av et år kan det hende at vi har utviklet det til noe helt annet. Dette med kunstig intelligens og datakraft er fremtiden og vi har troen på at det kan revolusjonere».

### **Utfordringer med 4D**

«Sammenliknet med Synchron burde kanskje ALICE ha noen flere funksjoner enn det har per dags dato. Dersom man ser opp mot en erfaren planlegger som er vant til visse funksjoner i blant annet MS Project, kan nok ALICE være noe mangelfull. Det er imidlertid mye ryddigere og enklere enn Synchron, hvor layouten er for tungvint».

Trollsås sier at han anser blant annet Synchron som litt for tungt for den norske byggebransjen. Programmet som er lagd for USA tar utgangspunkt i at det sitter en planlegger på hvert prosjekt som er ekspert på å planlegge. I Norge derimot er det ofte anleggslederne som bruker

planleggingsprogram, noe som blir en arbeidsoppgave oppå alle de andre. Da får man ikke utnyttet programmet så godt, og man kommer langt med å heller benytte bare MS Project. Han sier at han enda har til overs å se noen i AF bruke MS Project fullt ut.

## 5. Jens Fredrik Langlo

### Erfaring med 4D

Jens Fredrik Langlo driver med fulltidsdigitalisering av koster, 5D, som VDC-utvikler i Kruse Smith, men har tidligere jobbet for både Skanska og AF-gruppen. Det var i hans tid i Skanska hvor han brukte 4D-programmet Vico Office i første omgang. Der var Langlo med på Tønsberg-prosjektet sammen med Caroline Jørgensen, hvor programmet ble benyttet til tilbudsarbeid for hovedsakelig å simulere hovedplanen, men samtidig kombinere det med kost. Videre i AF jobbet Langlo på et helikopterhangar-prosjekt hvor de benyttet Vico Office på hovedplan. «Prosjektet var ikke så veldig stort, men det var litt for å teste det». Videre ble det benyttet manuelle metoder som post-it lapper, men det ble aldri direkte knyttet tilbake til programmet. Han testet det også ut på faseplan nivå på et kjøpesenter i Bergen, hvor de måtte dele opp i veldig mange soner for å opprettholde driften i senteret. Vico Office ble brukt til kontroll av den manuelle lappeplanen som ble utarbeidet for å se om det var reelt eller mulighet for optimalisering. Langlo forlot så prosjektet, men til hans kjennskap ble det ikke 4D benyttet mye videre. «Det var litt delvis, og så mangel på ressurser, og det å få folk til å dykke ned i det videre».

### Om programmet

**Hovedplan:** Vico Office ble hovedsakelig brukt på hovedplannivå i de prosjektene Langlo var involvert i. Det fungerte godt til fremvisning av overordnet plan, og ga intuitiv forståelse av rekkefølgen hovedaktivitetene var planlagt.

**Faseplan:** Langlo forteller at Vico Office ikke har noe digital lappeplanlegging, slik at faseaktivitetene ble bygd opp manuelt i forkant av faseplanen, og deretter ble informasjonen enkelt flyttet over i programmet. På den måten fikk man involvert alle parter i planleggingen, både funksjonærer uten særlig digital kompetanse og nødvendige UE.

**Utkvikksplan og ukeplan:** «Det eksisterer ingen funksjon for å avstemme de 7 forutsetningene i Vico Office etter min erfaring» forteller Langlo. Han har ikke benyttet programmet på et lavere nivå enn faseplan, men mener det absolutt hadde vært fornuftig å kjøre Vico Office hele veien gjennom. Han fremhever at grunnen til at det kanskje ikke har vært benyttet gjennom hele prosjektprosessen enda er mest i forhold til arbeidsmetoden du må benytte for å bruke programmet. «Alle jobber litt forskjellig, og alle ønsker trolig å jobbe litt som de gjorde sist gang. Vico Office er jo ikke et verktøy som er direkte tilpasset det som er tenkt, eller det en skal gjøre da kanskje. Det er en del flytende prosesser med andre ord».

**Oppfølging:** Vico Office har lansert en oppfølgingsapp, men Langlo har ikke har erfaring med denne. Han forteller at det fantes et fargehierarki som lignet på et Excel-ark der man kunne klikke og følge opp planen, men at det ikke var veldig intuitivt. «Hvis man øver seg litt så går det sikkert greit, men der å forstå det med en gang som er litt av poenget med sånne ting».

### **Effekt av 4D**

En av de store fordelene med Vico Office er skråplan-funksjonen forteller Langlo. «Det å bruke soneinndeling og plutselig kunne vise planen på ett ark, det gir utrolig mye istedenfor et 15-20 siders Gantt-diagram. Så det er kanskje den største kraften». Videre poengterer han at ved å presentere planen på den måten gir det en god visuell og logisk fremstilling i kombinasjon med 4D-simuleringen. «Det ble egentlig mest jobb, etter min mening, i skråplanen, også ble det kvalitetssjekk at det var logisk å gjøre det i 4D, at søylene kom før dekke og sånt». Langlo mener at det som er mest med bruken av Vico Office er hvor viktig det er å planlegge alle aktivitetene som blir kalkulert, og samtidig teste planen og se om det er en fornuftig måte å løse det på. Effekten av 4D skaper refleksjon rundt rekkefølgen på aktivitetene, samt konsekvensene av å gjøre det på den planlagte måten. Det resulterer i en diskusjon som gjerne ikke ville kommet opp i en annen setting poengterer Langlo. Totalt sett var det å bruke 4D godt mottatt siden det viser hva som skjer, hvilken sone arbeid foregår i, og samtidig kan man se hvor kostnadene i prosjektet ligger. 4D har kommet for å bli sier Langlo. «4D i første omgang virker til å forstå bygget, forstå tanken om hvordan det er sammensatt, og så koble det sammen til faktisk hva du skal gjøre, og formidle det til andre. Klarer det de to tingene, forenkler og gjøre det visuelt, så har man utrolig bra effekt av 4D». Så Langlo synes Vico Office er et bra verktøy som er verdt arbeidet, men at det har litt å strekke

seg etter med tanke på det tvungne prosessmønsteret i programmet, og brukergrensesnittet er ikke helt dirkete tilpasset en bruker. Videre har Vico Office nivåinndeling i skråplanvisningen, slik at det er mulig å ha en «typisk faseplan øverst, og så detaljerte faseplanaktiviteter under». En slik funksjon tilrettelegger for en bedre intuitiv forståelse av planen på det nivået du ønsker, eller har kunnskap for å skjønne. Langlo nevner at programmet også har filter for å skjule forskjellig innredning og lignende, noe som kan være hensiktsmessig når en planlegger andre fag.

### **Utfordringer med 4D**

«Vico Office er ikke så sterk på det grafiske i forhold til for eksempel Synchro, men jeg synes egentlig det ikke gjør så mye. For det å kunne se ting mer overordnet, eller å se logikken i ting er kanskje det vi jakter mest etter i 4D». Langlo forteller at han ikke lenger jobber med Vico Office, men er nå med på å utvikle Kruse Smiths egne digitale tjenesteplattform IPG. Han begrunner denne satsningen på bakgrunn av programopplevelsen til Vico Office og andre 4D-programmer. «Det er programmene som legger premissene for hvordan en skal jobbe og hva en skal gjøre. Disse prosessene er tilpasset kanskje flere tusen forskjellige brukerfirmaer, så de er ikke optimalisert til hvordan man kanskje ønsker å jobbe. Jeg synes Vico-tankens egentlig er veldig bra. Det er mye godt i det, men det er en veldig tvungen arbeidsmetodikk. Man må gjøre ting på rett måte og rekkefølge hele tiden». Langlo sier at slik programmet er satt opp må en bryte litt med strukturene, og samle ting på en annen måte planmessig. Det er nettopp dette han tror er med på å hindre at programmet blir benyttet igjennom et helt prosjekt. For å benytte programmet i praksis må en viss kunnskap om data være tilstede, men brukergrensesnittet er ikke lavt nok til å «sette det på en byggeplass og si at basene skal bruke det». Langlo har ikke troen på at én person skal sitte som 4D-spesialist på et prosjekt, og dra det hele veien igjennom alene. En er avhengig av kunnskap og involvering fra flere parter for å optimalt utnytte programmet fra start til slutt. Derfor er et forbedringspotensial å få programmet mer intuitivt. «Alle skal forstå hva de gjør for noe i programmet». I tillegg argumenterer Langlo for at modellene de får aldri er klare for direkte bruk i planlegging på det stadiet en ønsker. «Ofte er det å kunne ta tiden til å bearbeide og få den detaljeringsgraden som man trenger en dørterskel».

## 6. Adrian Christoffer Myrtveit

### Erfaring med 4D

Adrian Christoffer Myrtveit er seksjonsleder for BIM i HENT, og har ansvaret for alle BIM-teknikerne i bedriften. Han forteller at de har gjort 4D i flere former, blant annet ved bruk av Synchro og Navisworks. Da han startet i HENT var noe av det første han gjorde å koble en modell i Navisworks, og lage en film som kunne vært brukt til et typisk innsalg, noe han sier er en vanlig måte å gjøre det på. «Da er ikke modellen lagd for å følges opp, men du har et underlag fra byggherre som man lager en 4D-visualisering rundt. Dette for å vise hvordan man har forstått oppgaven». Han forteller at de har ikke 4D som en standard i HENT. «Vi har ikke 4D på alle prosjekter. Det blir heller vurdert på hver enkelt case. Vi bruker det når vi for oss selv har behov for å visualisere noe. Dette kan være en utfordrende Pre-fab-konstruksjon som krever mye planlegging for å se om det lar seg bygge». Personlig har han ikke gjort Synchro eller Navisworks på noen prosjekter for HENT i ettertid.

### Om programmet

I HENT har de lisenser på både Synchro, Navisworks og 3D-programmet Solibri. Primært bruker de Solibri hvor det er mulig. «På bedriftsnivå er det Solibri vi satser på. Jo mer vi kan gjøre i det programmet, jo bedre er det for bedriften. Å lære nye programvarer medfører en del opplæring og installasjoner. Så dette er et aspekt man bør tenke på når man implementerer nye programmer». Han mener at det er ikke nok å se bare på fordeler og ulemper med funksjonene i programmene, men at det handler minst like mye om hvordan programvaren passer inn i systemene bedriften allerede har og hva de ansatte allerede har kjennskap til.

**Hovedplan:** På hovedplan har de brukt 4D for å visualisere utfordrende pre-fab-konstruksjoner for å se om planene er byggbar. «Disse modellene har den beste detaljeringsgraden av hva som kommer ut på byggeplass. Pre-fab-elementene blir produsert ut fra disse modellene».

**Faseplan:** «Etter tett bygg ser vi ikke den store verdien av 4D-visualisering annet en kontrollområder innredning og enkeltaksjoner som på Flesland. De største HMS-risikoene er også over etter tett bygg, så da blir uansett ikke fokuset på 4D'en HMS lengre».

**Utkvikksplan og ukeplan:** Myrtveit forteller at utover hovedplan og krevende enkeltaksjoner, bruker de allerede etablerte programmer som blant annet Solibri til planlegging på dette detaljeringsnivået.

**Oppfølging:** Myrtveit har aldri gjort oppfølging av 4D-modeller, men han synes imidlertid tanken bak en app slik som Synchro Site er smart. «Jeg elsker tanken bak Synchro Site, med å ha MS Project i en skytjeneste. Fordi sånn som vi bruker det nå så er jo modellen kjempebra, men det blir likevel håpløst fordi fila er en stafettpinne. Så man er nødt til å ha en slik skybasert løsning som Synchro har bygd opp appen sin rundt, som gjør det mulig for flere å knytte sammen informasjon. Det er dette som er fremtiden. Men, for en stor bedrift er det en stor endring å gå over til et sånt altomfattende system». Han sier at arbeidsprosessen deres må da tilpasses programmet, og ikke programmet til deres måte å jobbe på. I dag har de egne systemer og lager egne programvarer for avvikshåndtering og oppfølging på byggeplass og de bruker digitale kontrollplaner. «Dette er et innarbeidet system som fungerer i dag, og vi må heller ha fokus på å bygge ut det».

### **Effekt av 4D**

Myrtveit påpeker at dersom HENT skal standardisere 4D i sine prosjekter må det være vinning i det for de også. De bruker per i dag mange programmer til ulike formål, blant annet Safran som fremdriftsverktøy og Solibri til 3D. Likevel er de innstilt på å møte krav om 4D. «Det er flere og flere byggherrer som krever egne 4D-koordinatorer på prosjektene. Disse kravene må vi jo møte, og det er vi innstilt på også. Men, hvis vi skal velge selv ser vi ikke den store verdien av å gjøre dette kontinuerlig gjennom hele prosessen. Det er utrolig mye arbeid, og det er et spesialverktøy». Han legger imidlertid til at i noen prosjekter de har hatt kunne de nok unngått noen utfordringer dersom det hadde foreligget en 4D-fremstilling fra dag én. «En slik fremstilling ville gitt oss bedre sporbarhet i ettertid».

På spørsmål om positiv effekt av 4D på prosjekter nevner han en aksjon under bygging av Flesland i Bergen. «Råbygget var oppe og vi skulle sette inn rulletrapper i et bygg med veldig mange søyler. Rulletrappa var lang, så da gikk vi inn i Synchro for å visualisere løftevegen ved å simulere trucker og snu-radius blant annet. Ved å kjøre en 4D-simulering fikk vi se hvor det var plass til å få inn rulletrappa, og ikke minst fikk man en veldig fin video man kunne sende til montørene». I tillegg ser han stor verdi av 4D ved planleggingsprosesser på pre-fab-

konstruksjoner. «Da får vi levert over en film som viser om montasjen er gjennomførbar. Da har det hatt en kjempeverdi at vi har brukt tid på å koble den modellen».

Han påpeker også som mange andre at 4D-visualiseringer er verdifulle i anbudsrunder. «Til innsalg vil en modell gjort i Synchro eller Navisworks se veldig imponerende ut, særlig for folk som ikke jobber mye med modeller». I tillegg er 4D et verktøy de har brukt på prosjekter som skal være en tegningsfri byggeplass. «Da har rådgiverne brukt mye mindre tid på å lage tegninger, og vi har fått en veldig god kontroll og oversikt».

### **Utfordringer med 4D**

Myrtveit mener at verdien av 4D-modeller er stor i en anbudsrunde hvor modellen presenteres for byggherre og andre samarbeidspartnere. På byggeplass mener han imidlertid at verdien er en annen. «Det er gjerne en helt annen digital kompetanse blant folk på byggeplassen. Mange er vant til å se statiske tegninger, og da kan det være forvirrende å skulle forholde seg til en modell som beveger seg». Han mener at 4D-programmer har gode visuelle fremstillinger av en fremdriftsplan, men at 3D-programmer er mer rettet mot det praktiske arbeidet. «Solibri er lagd for å være et verktøy for de som sitter og prosjekterer».

Hovedgrunnen til at de ikke har tatt i bruk rene 4D-programmer for fullt at de anser det som tid- og ressurskrevende. De er fornøyd med de ressursene de bruker i dag, og ønsker heller å videreutvikle disse. De ser imidlertid at 4D kommer mer og mer, og at det ofte er et krav i prosjektene, noe han er klar for å imøtekomme. «Byggherrer beskriver at de skal ha 4D i mange prosjekter, men de er ikke alltid helt innforstått om hva det skal gi av verdi tilbake. Da blir det en dialog rundt hvilket nivå det skal være på, for det er viktig at vi også får noe ut av det. Og, da blir det gjerne skalert litt ned, og vi bruker 4D på enkeltstående, gjerne litt høyrisiko operasjoner som vi kan detaljere ved hjelp av 4D». Han sier videre at dersom de hadde fått et prosjekt med krav om 4D ville de brukt Synchro til det.

## **7. Eva Kathrine Frøisland**

### **Erfaring med 4D**

Eva Kathrine Frøisland jobber hovedsakelig som BIM-koordinator for Origo Arkitektgruppe, men har i løpet av det siste året arbeidet med 4D-planlegging. Hun startet prosessen med et



kurs i Synchro i fjor, og siden brukt programmet aktivt i sin arbeidshverdag. «I og med at jeg ikke er en utpreget planlegger med forkjærlighet til Gantt-diagram, synes jeg 3D biten i 4D er essensiell for at en «ikke-planlegger» skal få det til». Ved å benytte seg av 4D i praksis forventer overnevnte en «visuell og intuitiv forståelse av fremdriften, alle ser det samme bildet, og får dermed en entydig forståelse av planen». Frøisland har benyttet Synchro på Barne- og ungdomssykehuset trinn 2 (BUS2) i Bergen. Der er hun innleid som konsulent for LAB Entreprenør, og jobber med å utforme prosjektets 4D-plattform.

### **Om programmet**

**Hovedplan:** Frøisland benyttet Synchro til å lage hovedfremdriftsplanen i utførelsesfasen av BUS2-prosjektet. Hun forteller at de lager hovedplanen for egen entreprise i 4D, og har positiv erfaring med dette. «Arbeidet gjort med 4D-planlegging gir en god oversikt til videre planlegging og detaljering, dette gjør at vi har et visuelt utgangspunkt å lage fase- og ukeplan ut fra».

**Faseplan, utviklingsplan og ukeplan:** Det ble benyttet touchplan til fase-, utviklings- og ukeplanene på BUS2, men Frøisland forteller at «er det kompliserte områder, hender det at vi deler det mer opp og detaljplanlegger i Synchro, ettersom det gir god kontroll».

**Oppfølging:** Når det gjelder avstemming og prosjektoppfølgning i Synchro har ikke Frøisland noe erfaring å legge til grunne per dags dato. Hun forteller at de skal begynne med dette i nærmeste fremtid, men at de ikke har kommet dit enda. «Vi kommer til å teste ut Synchro Site, og tror at det vil bli brukt aktivt. Vi følger opp aktivitetene på byggeplass hver dag i touchplan, så det er i dette programmet oppfølgingen av fremdriften gjøres. Så det vil bli dobbel oppfølging når Synchro Site benyttes».

### **Effekt av 4D**

Slik Frøisland ser det er 4D svært positivt. «Det gir en visuell og intuitiv forståelse av fremdrift. Det at man bygger digitalt først sikrer byggbarhet og rekkefølger på aktiviteter, noe som igjen kan gi en besparelse ved at man ikke bygger feil eller ineffektivt». Videre legger hun vekt på at tverrfaglig koordinering forenkles, ettersom samspillet mellom det visuelle, altså 3D-modellen, og fremdriftsplanen gir en bedre forståelse av hva man faktisk planlegger. Den samme effekten av 4D er også erfart ved koordinering på tvers av entreprisereformer.

Synchro gir mulighet for å filtrere og fargekode elementer og soner, slik at flere forstår oppbyggingen av fremdriften og kan lettere komme med innspill. Det anses som svært gunstig. Når det kommer til innføring av 4D som en standardisert metode for prosjektplanlegging tenker Frøisland at det avhenger av prosjektets størrelse. Hun mener at store og kompliserte prosjekter har stor gevinst av å implementere 4D, mens kost-nytte må vurderes nøyer på mindre prosjekter.

### **Utfordringer med 4D**

Som BIM-koordinator har Frøisland god digital kompetanse, men ser at Synchro «er noe komplisert hvis en ikke har forståelse for dataprogrammer og BIM i byggeprosjekter. Det er mange funksjoner så en trenger tid til å lære seg det». Synchro oppfattes som avansert og dermed som et ekspertverktøy ifølge Frøisland, som forteller hvordan kolleger i prosjektet har erfart programmet. «Det finnes andre program som skal være enklere å bruke, så programmet er utslagsgivende for oppfattelsen». I tillegg har prosjektet hun jobber på hatt en del utfordringer knyttet til nye programversjoner. «Oppdateringer medfører ofte ekstra tidsbruk, og korrespondanse til leverandør eller support for å få hjelp til å rette opp i bugsene. I noen tilfeller får en ikke jobbet videre i programmet før saken er løst». Hun poengterer at dette er noe man må ha i bakhodet når det er snakk om nye programmer, uavhengig av programmets formål. Videre forteller Frøisland at 4D gir en ny måte å planlegge fremdrift på. Det krever at teamet knyttet til et 4D-prosjekt klarer å omstille seg, og innhente ny kunnskap. «Alle typer omstillinger tar litt tid å bli kjent og vant med. Man må bruke ressurser og tid på opplæring, ikke alle har mulighet til å hoppe i det med en gang, og det blir dermed færre som kan jobbe helhetlig med planleggingsprosessen i starten». Når det gjelder forbedringspotensialer knyttet til 4D har Frøisland noen innvendinger. «Bestilling og krav til nivå av modell må lages og inn i prosjektene tidlig for at en skal benytte 4D i prosjektet. anbefaler at det er forankret i kontrakt for alle parter i et prosjekt». I tillegg «må det etableres modellerings- og opplastningsrutiner for hele prosjektet. Det må bli enighet om hva som er nødvendig av informasjon i modellen». Frøisland mener at modellmodenhets-indeks bør benyttes slik at det er tilrettelagt for samhandling mellom prosjekterende og utførende.

## 8. Doktor Bhargav Dave

### Erfaring med 4D

Dr. Bhargav Dave er en av VisiLean's grunnleggere, og jobber til daglig som CEO i bedriften. Dr. Dave har bakgrunn fra IP (Internet Protocol) og konstruksjon, og har tidligere jobbet som senior researcher i Palo Alto. Han har i løpet av de siste 10 årene jobbet med utviklingen av VisiLean, og er i dag også researcher i The Lean Community hvor han forsker på integrasjon av LC og BIM-teknologi. «I dag snakker en mye mer om integrerte strategier, enn enkeltstående systemer, noe som er veldig positivt for bransjens utvikling».

### Om programmet

**Hovedplan:** I Gantt-view oppretter man aktiviteter, avhengigheter og milepæler direkte i programmet, eller det kan importeres fra en rekke kjente planleggingsprogram forteller Dr. Dave. «I tillegg kan planene i VisiLean eksporteres tilbake igjen til andre planleggingsprogrammer som Vico Control, Primavera P6 og MS Project». Ved å trykke på aktiviteten åpnes et panel over egenskapene den er tilegnet. «Her vises blant annet planlagt og faktisk start- og sluttdato, og endringshistorikk, slik at det er enkelt å holde kontroll. I tillegg kan en tilegne lokasjon og mengde for hver aktivitet, eller ved import fra Vico Control kobles det automatisk opp i programmet. Videre viser programmet også den kritiske veien». Når det kommer til å sammenkoble aktiviteter til modellen forteller Dr. Dave at det kan utføres på to måter; enten linke en aktivitet til et element eller et element til en aktivitet. Det er noen enkle steg for å samkjøre modellen og fremdriftsplanen. Det kan gjennomføres eksempelvis ved å søke opp aktiviteter som inneholder et nøkkelord, og linke det eller de opp mot ønsket element ved å trykke på det i modellen, og bekrefte link.

**Faseplan:** Både fase-, utviklings- og ukeplan kan man se etter filtrering i Scheduler. «Du kan selv definere hvor mange måneder eller uker du ønsker å se i de forskjellige plannivåene etter hva som anses mest hensiktsmessig med tanke på prosjektets størrelse. Alle arbeidslag som er innlagt i programmet dukker opp her, hvis noen aktiviteter ikke er tilegnet et arbeidslag enda vil det dukke opp et varsel nederst på siden slik at planleggeren kan tilegne aktiviteten en ressurs».

**Utkikksplan:** På grunn av LPS-metodikken som er implementert i programmet har VisiLean mulighet for digital lappeplanlegging basert på ressurs tilegnet aktiviteten, eller lokasjon, forteller Dr. Dave. I utkikksplan på Scheduler «er det en egen funksjon for splitting av aktiviteter, hvis en synes den sammenhengende varigheten er for lang knyttet til detaljeringsgraden utkikksplanen burde inneholde. Når det kommer til de 7 forutsetningene er det en sjekklister for dette i panelet over egenskapene til den respektive aktiviteten. Her kan arbeiderne selv huke av materialer, bemanning, osv. og selv klargjøre sine aktiviteter i appen».

**Ukeplan:** «Underentreprenører som er tilegnet aktiviteter kan selv gå inn i programmet og legge til underaktiviteter på sine arbeider, på ukenivå, etter ønske i det webbaserte systemet». Dette simplifiserer planleggingsmøter med underentreprenører, hvor arbeid dermed koordineres ved pull planlegging som er tilknyttet Lean-metodikken, sier Dr. Dave.

**Oppfølging:** Under Scheduler finner du en filtrering for Execution som viser brukeren hva som skal foregå den uken, samt status for de aktuelle aktivitetene. «Det er her du begynner å følge opp fremdriften, og kartlegger hva som er i rute, eventuelt ikke. Dashboardfunksjonen er for administrasjonen slik at en konstant kan følge med på progresjonen til prosjektet gjennom ønsket statistikk og PPU, samt se årsaker til forsinkede aktiviteter. Så er det 4D-moduset, det fremstilles ikke i et typisk 4D format med fokus på hovedplan. Vi kaller det Lean 4D, og poenget er å illustrere hva som blir konstruert og status på de pågående aktivitetene ved hjelp av 7 forskjellige fargekoder på fase-, utkikks- og ukeplannivå. Så dette er sanntid-4D, altså mer enn bare en ordinær 4D på overordnet nivå. VisiLean har også en oppfølgingsapp gjør at du kan sjekke og avstemme aktivitetenes progresjon, se planlagte aktiviteter, samt stemme av de 7 forutsetningene etter LPS metodikken før påbegynnelse». Dr. Dave forteller at funksjonærene kan gå inn å kontrollere fagarbeidernes rapportering i appen, og følge opp arbeid som er markert som «klar for inspeksjon». Appen gir også mulighet for billedtaking, kommentarfelt og tilgang til filer tilknyttet aktiviteten. Dette synkroniseres med panelet over egenskaper i hovedprogrammet. På den måten kan funksjonærene både informere og bli informert direkte om aktivitetens tilstand sier Dr. Dave.

### **Effekt av 4D**

Et av de store problemene Dr. Dave oppdaget da han jobbet som junior constructor var kommunikasjon. «Det var et evig jag etter å samle informasjon om hva som foregikk på byggeplassen til enhver tid. «Hvor er utstyret mitt, når kommer det materialer, og lignende ...» derfor ble det mye sløsing. Informasjonsflyten over progresjon på arbeidet som skjer på byggeplassen og til feltkontoret er en av de større utfordringene denne bransjen står ovenfor. Noe av det jeg fokuserer mest på når jeg snakker med studenter er; ikke undervurder forsinkelser. Rollen forsinkelse spiller i denne bransjen er vesentlig. Det er ekstremt vanskelig å ta avgjørelser når informasjonen fra byggeplassen ikke når de som skal koordinere og planlegge hva som skal foregå videre. Det kan sammenliknes med å kjøre bil og konstant sitte å se i bakspeilet istedenfor forover. Det medfører at avgjørelsene du tar skjer for sent, med tanke på hva som allerede har rukket å foregå i mellomtiden».

«Det samme gjelder for planleggingen med for eksempel post-it lapper som foregår inne på kontoret, hvordan videreformidles dette ut til fagarbeiderne som faktisk skal gjennomføre jobben. Dette var noen av de problemene vi ønsket å finne en løsning på, og var vårt utgangspunkt». Dr. Dave begynte å forske på dette med Dr. Rafael Sacks, internasjonal ekspert på synergi mellom BIM og LC. «Hvor kommer Lean og BIM sammen? Det vi forstod var at Lean ville takle alle overflødige og unødvendige prosesser gjennom flow, tranformation og value kombinert i et, og BIM ville hjelpe med det visuelle, men også tilføre en hel del vesentlig informasjon for å håndtere flow-aspektet. Så den ene vil takle prosessen, og den andre ville håndtere produktet. Videre er kontinuerlig forbedring er av de viktigste faktorene i Lean. Så når du begynner å måle vil man ikke kun måle for kortsiktige grunner, en ønsker å måle for å generere analyser for å forstå hvorfor ting går galt. Det vil si, finne årsaken til problemet som oppstår slik at en kan unngå lignende situasjoner i andre prosjekter».

### **Utfordringer med 4D**

«En av utfordringene med slik teknisk avansert programvare som Navisworks, Synchro, osv. er at det er av og for eksperter. Når vi ser på hvem som skal bruke programmet ute i prosjektene er det funksjonærer og fagarbeidere som ikke har tid til å bli eksperter på dette området. Det er et av de grunnleggende elementene vi baserer vårt program på, det skal være brukervennlig for målgruppen det er rettet mot. Ønsket med VisiLean er å knytte riktig avansenivå til korrekt bruker. Det å kunne videreformidle informasjon mellom hovedkontoret, feltkontoret og fagarbeiderne er elementært for å ikke generere forsinkelser underveis i

prosjektforløpet. Derfor har vi simplifisert visse funksjoner etter brukeren. For eksempel appen vi har laget for informering og oppfølging av egne arbeidsoppgaver ute på byggeplassen er tilpasset det digitale nivået og forståelsen til en fagarbeider. Dette gjør det enklere for alle».

VisiLean kan ikke enda simulere prosjektet fra start til slutt i 4D modus, tilføre midlertidige komponenter eller seksjonere eksisterende elementer i 3D. Men, disse funksjonene er under utvikling, og er planlagt å innføre i programmet i løpet av de neste 3-6 månedene forteller Dr. Dave. «Vi holder på å endre vår 3D View helt, slik at programmet kan importere en enda større BIM, men resten av programmet vil se likt ut enn så lenge».

## 9. Christopher Carlsen

### Erfaring med 4D

Christopher Carlsen jobber aktivt som anleggsleder i BetonmastHæhre Buskerud og Vestfold, og har benyttet Synchro på noen av sine prosjekter i løpet av de siste tre årene. Hans første erfaring med 4D-programmet var etter eget initiativ på et aktivt lager-prosjekt. Der ble Synchro brukt for visualisering av fremdrift for logistiske grunner, grunnet kompleks samkoordinering av eksisterende lastebiler og mannskap som uhindret skulle fungerer operativt under byggingen. At 4D-programmaren Synchro ble implementert var egentlig litt tilfeldig utfra omstendighetene. «På den tiden var det ikke så mange aktører av troverdighet og størrelse som det var verdt å satse på» forteller Carlsen, som sier at både Navisworks og Synchro ble diskutert. «Det var gjennom å se på diverse resultater av en 4D-visualisering samt bruddterskel at det for meg hvert fall ikke var vanskelig å velge mellom disse to». Primært ble 4D innhentet for kun å visualisere og fremstille fremdrift til personer uten kunnskap om en fungerende byggeplass, slik at informasjon enkelt og intuitivt kunne videreformidles, poengterer Carlsen. Videre ble Synchro benyttet ved innsalg av prosjekter. Dette ble gjort for å vise kunden planen for utførelsen, og grunnlaget for logistikken valgt på det aktuelle prosjektet. I dag sitter han på prosjekt Lystlunden idrettshall i Horten hvor de benytter Synchro for riggplanlegging i form av kranplassering og inntransport av materialer.

## **Om programmet**

**Hovedplan:** Synchro gir gevinst når det gjelder å videreformidle hovedtrekkene til hvordan bygget skal opp, samt logistikk på byggeplass. Det er derimot mindre gunstig utover råbyggfasen, altså når bygget skal lukkes, og er derfor ikke benyttet videre i mer detaljert planlegging ifølge Carlsen.

**Faseplan, utviklingsplan, ukeplan og oppfølging:** Når det kommer til videre bruk av Synchro i prosjektforløpet forteller Carlsen at de ikke valgt å benytte programmet. «Vi har sett at det er lettere å jobbe videre med en plattform som Excel eller MS Project som er kjent». Han sier at det krever en dedikert ressurs til å følge opp 4D-modellen, og at BetonmastHæhre er en relativt slank organisasjon som ikke anser at de på hvert enkelt prosjekt har mulighet til dette.

## **Effekt av 4D**

Carlsen forteller at 4D gir en god indikasjon på hvordan de som entreprenør har tenkt å utføre prosjektet. Når slik informasjon skal videreformidles blir det enklere oppfattet ved en visuell fremstilling enn linjer på et papir. Formidlingseffekten 4D har er dermed svært gunstig både for ekstern kommunikasjon, men også intern. «Det gir en bedre forståelse for prosjektleder og anleggsleder som skal overta prosjektet», hvis 4D er benyttet i anbudsfasen. Det er et hjelpelig verktøy i form av «logistikk- og riggplanlegging i tidligfase». Det er et godt visuelt hjelpemiddel for logistikk på byggeplass poengterer Carlsen.

## **Utfordringer med 4D**

En av utfordringene med bruk av 4D i prosjekter er kost-nytte og mangel på tid. Det egner seg nok best til større prosjekter, hvor man har flere ressurser å spille på mener Carlsen. I tillegg er alder en vesentlig faktor når det gjelder nye tekniske programvarer. «Terskelen er høy bare for å åpne de vanlige programmene vi bruker i dag på prosjektet. Så skal det fungere må alle funksjonærer være villig til å være med på den digitale bølgen, men det bedrer seg, absolutt». Det må være mulig for alle funksjonærer å benytte programmet, ellers så har man et problem ved fravær forteller Carlsen. Han mener at en av grunnene til at de ikke benytter Synchro mer enn de gjør i dag er fordi programmet mangler de hverdagslige bruksområdene de ønsker. «Sjekklistene, modellorientering, avviksrapportering, prosjekthotell, kvalitetskontroll, FDV og lignende ønsker vi i en pakke for at overgangen til Synchro skal fungere best mulig i vår

bedrift. Det blir mange fallgruver når man skal holde på med så mange forskjellige programmer på et avansert nivå».

## 10. Roar Fosse

### Erfaring med 4D

Roar Fosse er avdelingssjef for BIM og VDC i Skanska, og har base i Oslo. Han har gjennom årene prøvd flere ulike 4D-programmer, og et av de er Navisworks som han har benyttet som 4D-spesialist på et vannbehandlingsanlegg. Imidlertid, brukte han det kun i tilbudsfasen, så det var en relativt grov 4D-modell.

### Om programmet

**Hovedplan:** «Det er helt åpenbart at bruk av 4D gjorde planen langt mer visuell. Fokuset lå på betong- og rørarbeid, og for å få verifisert at fremdriftsplanen fungerte var Navisworks avgjørende». Han forteller at Navisworks kan illustrere en plan over et lengre tidsrom, og at programmet benytter en CPM-metodikk gjennom en Gantt-fremstilling. Man kan også, på en enkel måte (når man har lært det), koble sammen aktivitet og objekt i modellen. Programmet kan imidlertid ikke fjerne eller skjule aktiviteter.

**Faseplan:** Fosse forteller at det er mulig å legge inn objekter og aktiviteter i programmet, men «en av programmets svakheter er at det ikke er mulig å splitte objekter, eller simulere den faktiske produksjonsretningen. Hvis man for eksempel har et stort dekke som skal legges fra øst mot vest på to uker står det i Navisworks bare som et grønt felt markert «Under Construction». Når dekke er ferdig lagt får du det opp som et dekke, men man vet ingenting underveis om hvor langt man har kommet». Han tror dette er en av grunnene til at programmet ikke anvendes så mye av bransjen i dag. «Vi hadde noen veggobjekter i 4D-modellen som strakk seg over to etasjer. Disse kan ikke splittes i programmet, det må gjøres i BIM-modellen. Dette er informasjon de prosjekterende ikke alltid vet, og da blir det mye etterarbeid».

Fosse, som også har erfaring fra Synchro, poengterer at både det å splitte objekter og simulere produksjonsretning er funksjoner som finnes i Synchro.



**Utkvikksplan og ukeplan:** Når det kommer til utkvikks- og ukeplan fungerer Navisworks dårlig. Programmet møter ikke kvalifikasjonene en ser etter når disse planene skal utarbeides ifølge Fosse.

**Oppfølging:** «Det er mulig å stemme av fremdrift i den grad at man kan stemme av om aktiviteten er utført eller ikke. Autodesk har mange apper, men ikke for å stemme av oppfølging i Navisworks». Videre er det hverken mulig å stemme av prosentvis fremdrift eller PPU, eller utstede rapportert eller analyser i Navisworks.

### **Effekt av 4D**

Roar sier som samtlige av intervjuobjektene at visualiseringen det gir er den største effekten. Han forteller at når de på prosjektet satt og koblet objekter og aktiviteter oppdaget de flere punkter som ikke så helt riktige ut. «Det var mye som skjedde parallelt på områder som var langt fra hverandre, men det var det samme teamet som skulle utføre disse oppgavene. Så da fant vi ut at vi kanskje ikke burde jobbe så bredt, men heller mer etappevis».

Roar nevner også et eksempel hvor noen rør var avhengig av å transporteres inn i et anlegg før betongveggen til anlegget ble støpt. «Sånn som fremdriftsplanen så ut skulle veggen bli støpt 1-2 uker før rørene skulle transporteres inn. Dette var vanskelig å oppdage i et Gantt-diagram hvor de to aktivitetene lå 10-15 sider unna hverandre. I 4D derimot er disse objektene rett ved siden av hverandre, og dermed var det enkelt å se at planen viser at veggen var planlagt først og så rørene. En slik kollisjon er avgjørende at man oppdager i tide, noe 4D bidro til i dette tilfelle». Han forteller at løsningen på dette var så enkel som å bytte rekkefølge på to aktiviteter, også var det i orden.

### **Utfordringer med 4D**

Programmet fremstår for dårlig til noen større detaljeringsgrad enn faseplanlegging. Navisworks er svak på både utkvikks- og ukeplan, fordi detaljeringsnivået ikke er tilfredsstillende nok mener Fosse.

# 11. Per Ferdinand Stensund

## Erfaring med 4D

Stensund jobber som rådgiver i BIM og VDC avdelingen i Skanska under Skanska Teknisk. Han forteller at han startet med BIM og VDC uten noen form for utdanning innenfor det, og gjorde noen små prosjekter før han og flere i Skanska tok Stanford's VDC-sertifisering. 4D kom inn i arbeidshverdagen til Stensund ved at han tidlig viste interesse. På denne måten fikk mulighet til å prøve 4D på et tilbudsprosjekt på Hjelset Sykehus – et prosjekt som senere ble avlyst. Siden tilbudslederen godt kjente til Synchron ble det testet ut på prosjektet. Stensund har primært jobbet med 4D på tilbud og detaljprosjektering, men har bred kunnskap om programmet også utover disse fasene.

## Om programmet

**Hovedplan:** Innenfor hovedplanen er det ingen begrensninger for hvor stort tidsrom planen kan strekke seg over. Planleggingsverktøyet som ligger i Synchron har også muligheten til å beregne kritisk vei og følge utviklingen av de kritiske aktivitetene utover i prosjektforløpet. «Jeg har ikke brukt funksjonen så mye selv i Synchron siden jeg sitter mest i tidligfase, men det verktøyet skal være ganske bra i Synchron». I tillegg kan en enkelt skjule aktiviteter i Gantt-diagrammet for å få ryddigere linjer. Det er også tilrettelagt for å fargekode ulike nivåer i hierarkiet sier Stensund.

Stensund forteller at det er ingen i Skanska som planlegger direkte inn i Synchron Planner enda, som er planleggerfunksjonen til Synchron. «Nå planlegger man i andre programmer før man eksporterer filen som en XML, og importerer planen inn i Synchron. Jeg vil at folk skal begynne å bruke Planner'en i Synchron, fordi da ser man grensesnittet og likhet mellom Synchron Pro og Synchron Planner».

**Faseplan:** Per dags dato har ikke Synchron noen mulighet for integrasjon med digital lappeplanlegging. Men, for to år siden hadde Synchron en testversjon med Touchplan<sup>6</sup> hvor man kunne jobbe live i Synchron og flytte på aktiviteter, for så å se at tilsvarende aktiviteter

---

<sup>6</sup> Touchplan er en digital, lang skjerm for planlegging

automatisk ble flyttet i Touchplanen. «Hvis man kunne hatt Synchro på venstre side på en stor skjerm, og lappeplanlegging til høyre kunne alle rådgiverne flyttet på sine aktiviteter i Touchplanen. Da kunne man sett konsekvenser av endringer med en gang. En slik sammenkobling ville gitt et veldig sterkt verktøy».

En kan også splitte elementer i programmet, i tillegg til at man kan sette inn ulike, midlertidige objekter. Synchro har et eget bibliotek med typiske riggobjekter, men det er også mulig å importere egentegnede objekter fra Google Sketch-up. Det er derimot ikke mulig å modellere i Synchro poengterer Stensund.

**Utkvikksplan og ukeplan:** Synchro har funksjoner for å filtrere, og fargekode, etter fag og aktuelt arbeid. Det er også mulig å filtrere etter firmanavn, og sette opp ulike kalendere knyttet til de forskjellige firmaene. Dette kan være svært nyttig når en har flere UE, kommenterer Stensund. En savnet funksjon er derimot avstemming av de syv forutsetningene, som ikke eksisterer i programmet.

Videre forteller Stensund at han har hatt lyst til å teste ut Synchro på HMS og risikovurderinger. «Hvis man hadde tatt ut en 2-ukers sekvens og vist til håndverkere på byggeplass, så kan de se hvor det er farlig å oppholde seg, samt hvilke situasjoner som kan medføre økt risiko. Altså, en visualisering av eventuelle risikoer, som man kunne vist hver mandag morgen sammen med fremdriftsplanen for uken». Stensund har ingen erfaring med fremvisning av modell på byggeplass ved hjelp av nettbrett/app. Men, han sier at det er noe han vil prøve å få til på sitt neste 4D-prosjekt. «Det er ikke så mye som skal til ute på byggeplass. Ved avlesing av Gantt er det ikke alltid like lett å se rekkefølgen på det som skal bygges, men med bare en enkel Synchro-modell er det forståelig å se hva som skal opp først i et prosjekt. Bare det er en aha-opplevelse for mange».

**Oppfølging:** Stensund har testet Synchro Site på leilighetsprosjektet Ensjø Torg, men API-systemet<sup>7</sup> til Synchro var for dårlig den gangen. «Men, nå har Bentley kjøpt opp Synchro, så de sitter med en mye sterkere plattform, og en lettere API-løsning, så jeg vet at de holder på å videreutvikle Synchro Site».

---

<sup>7</sup> Application Programming Interface

Det er tre måter å stemme av fremdrift på i Synchron. Det ene er prosentvis ferdig, PPU, og ved hjelp av fargekoder som indikerer ikke startet på, startet på og ferdig forteller Stensund. Det er også mulig å skrive ut analyser og rapporter ved bruk av en API som Synchron har lagd som fungerer sammen med PowerBI. «Power BI lager en fremvisning på en side som forteller hvor mye som er bygd i for eksempel 1. etasje, hvor mye penger som er brukt osv. Det gir en oversiktlig fremstilling». Synchron kan også simulere en ny plan dersom aktiviteter som skulle vært 100% ferdig, kun er 70% ferdig. «Det er det vi er for dårlige på i byggebransjen i dag. Vi vet status, men gjør ikke stort mye med det. Bruker man Synchron er det små tiltak som skal til for å hele tiden ha en oppdatert plan som viser hvordan man ligger an».

### **Effekt av 4D**

Stensund forteller at 4D gir mulighet for god kontroll av egne planleggingsfeil, og forståelse for hva som skal skje når på byggeplass.

### **Utfordringer med 4D**

Synchron er ennå ikke tilstrekkelig slik at man slipper andre tilleggsprogram, sier Stensund. Skanska har også andre systemer som tar for seg for eksempel arbeidet med kvalitetssikring på byggeplass. Dersom 4D skal fungere fullt ut mener han at man må ha en dedikert planlegger på prosjektet som driver med Synchron, og som kan følge opp. «Jeg kan ikke bare levere fra meg en Synchron-fil til et prosjekt, for da varer det kanskje én uke, også får de det ikke til og prosessen dør ut».

## **12. Professor Martin Fischer**

Martin Fischer har i mange år vært professor i Civil and Environmental Engineering (Construction Engineering and Management and Sustainable Design and Construction Programs) og Computer Science (PhD) ved Stanford University. Han har bred erfaring med bruk av 4D og VDC, og er en av de fremste eksperter på området.

Det første spørsmålet vi stilte var hvordan han definerer 4D. Fischer forteller at første gang han hørte om 4D var på 90-tallet, og han er usikker på om de definerte det først med tanke på at internett ikke var særlig utbredt på denne tiden. Imidlertid endte det opp med å definere 4D

som 3D + tid. På den tiden så de ikke mere verdi i det, da fordi BIM, hvis det kan kalles det på den tiden, besto mest av visualisering.

*«Feilen jeg tror vi gjorde var å kalle det 3D + tid, og ikke tid + 3D»*

Likevel var det naturlig da det ikke var noe nytt med tid, men det var 3D, så de valgt å fokusere på det som var nytt.

*«...4D handler hovedsakelig om å illustrere tidslinjen i 3 dimensjoner»*

Han forteller videre at det ikke var før tidlig 2000 at de innså at de kunne benytte modellen til analyser, noe som fortsatt er et stort fagfelt som burde forskes mer på, da blant annet måle hvor nær aktiviteter er hverandre og sammenligne forskjellige fremdriftsplanen. Dette er en funksjon som, så vidt han vet, ikke enda eksisterer.

*«Vi definerer 4D så rett frem som det. Men jeg lurar på om hvis vi hadde definert det tid + 3D om det hadde fått mer oppmerksomhet og vært mer attraktivt»*

### **Hvordan tror du 4D kan støtte og forbedre til planleggingsprosessen i et byggeprosjekt?**

Martin starter med å fortelle at når han spør de som lager planene om de har en «tight» eller «relaxed» plan, så svarer de alltid «tight», og at det ikke er mulig å bygge noe raskere. Det er alltid planfraktaler, og da er den mest kritiske resursen plass på byggeplassen, fordi en alltid kan få flere elektrikere, enda en kran, eller mere materialer. Derimot, hvis et rom blir malt kan en som regel ikke gjøre andre aktiviteter der. Da blokkeres det rommet for videre fremdrift. Prof. Fischer spesifiserer at plass blir den kritiske resursen, hvis målet er å bygge raskere. Videre antar han at prosjektene ikke blir utfordret nok til å bygge så raskt som mulig, det er som om de liker det kaoset som gjerne oppstår på en byggeplass uten tilstrekkelig planlegging og effektivisering. Data han har fra en håndfull prosjekter fra Nederland og California viser at prosjekter bygges for sakte, og det mest sjokkerende de oppdaget var at bare 3-4% av byggeplassen ble brukt til enhver tid.

Han nevner at han ikke skjønner hvorfor det finnes så mange «Hollywood 4D-modeller» som bare viser hvordan prosjektet skal gjennomføres. De er på et detaljnivå som sjeldent gir noe innsikt, og de som driver med dette sier at dette har de visualisert på egenhånd for lenge siden. Dette er også en antagelse som ofte ikke stemmer, da mange innser i det de ser modellen at det ikke akkurat var slik de hadde tenkt.

Han trekker deretter frem noen eksempler på bruk av 4D i praksis. Første gangen han så en 4D-modell var på et prosjekt i Japan i 1993, men den første gangen han selv brukte det var på et sykehusprosjekt samme år. Hovedutfordringen på det prosjektet var kravet fra byggherren om at renovasjonen ikke skulle være i veien for driften av sykehuset. Byggherren var svært klar på at han ikke kom til å godkjenne byggstart av prosjektet før han var trygg på at kravet var ivaretatt. Så hovedentreprenøren lagde fremdriftsplaner i 2D kategorisert for alle månedene, men dette forsto byggherren lite av. Det var da hovedentreprenøren henvendte seg til Prof. Fischer's team for hjelp. Dette var på et tidspunkt hvor det var svært lite arbeid å få. Det var derfor veldig viktig å komme i gang med prosjektet for hovedentreprenøren. Det ble raskt lagd en 4D-modell, noe som var veldig dyrt på den tiden. Imidlertid ble det tydelig at det betalte seg for eksempel ved kollisjonstesting av 3D-elementene. Videre bidro modellen til å få godkjennelse fra byggherren, fordi ved hjelp av 4D modellen kunne han visuelt forstå den planlagte fremdriften. De oppdaget at den opprinnelige fremdriftsplanen i utgangspunktet var veldig god, men at det likevel var noen nøkkelfaktorer som hadde blitt oversett. Dette kunne da lukes ut ved å gjennomgå modellen. Dette gjaldt det faktum at byggherren ønsket at det til enhver tid skulle det være mulig å komme seg til hvilken som helst del av sykehuset, uten å måtte ta pasientene ut at bygningen. Derfor måtte hovedentreprenøren sørge for at alle avdelingene var tilgjengelig, og koblet sammen gjennom hele byggeprosessen, noe som er umulig for en gruppe mennesker å tenke seg til på et prosjekt som går over 6 år i 2D, CPM og Gantt. Så dette prosjektet hadde ikke vært mulig å gjennomføre, med de kravene, uten 4D. Den andre fordelen var at sykehuset lå i et nabolag hvor naboene var svært misfornøyd med tanken på at det skulle forgå konstruksjonsarbeid i 6 år. Men, etter et informasjonsmøte hvor 4D-modellen ble vist endret holdningen seg. De fikk se at det ikke ble så ille som de hadde tenkt, da selve konstruksjonsarbeidet ikke forgikk mere enn 6 måneder på samme plass, og at det resulterte i et mye finere sykehus som ga hele nabolaget et løft.

Med et slikt utfall tenkte Prof. Fischer at dette måtte være starten på bruken av 4D i prosjekter, og at innen 5 år ville alle benytte seg av denne typen verktøy. Det skjedde ikke. Tilbakemeldingen er at mange ser på det som unødvendig på prosjekter som ikke er svært kompliserte, og da kan de likeså godt benytte de kjente verktøyene.

Et annet eksempel kommer fra samme tid, da økonomien fortsatt var veldig dårlig. De brukte da 4D på takkonstruksjon på det nye økonomiske fakultetet på University of California

Berkeley. Det ble brukt 40 timer på å simulere tre underleverandører, og det løste store sekvenseringsproblemer på prosjektet. Til slutt var det bare tak-undertreprenøren som fikk betalt det de krevde fra hovedentreprenøren, noe som var svært uvanlig på den tiden da det var lite arbeid. Veldig få gikk til hovedentreprenøren for å kreve mer penger, selv om de mente at hovedentreprenøren hadde gjort en dårlig jobb med planleggingen. I dette tilfellet var det så tydelig gjennom 4D-modellen at det var dårlig planlegging, og styring, fra hovedentreprenøren sin side at de betalte det som ble krevd.

Deretter ble det brukt på et biotech-prosjekt, hvor hovedentreprenøren og tre undertreprenører koordinerte arbeidet i 4D-modellen på en daglig basis. Poenget var å unngå forstyrrelser over tid. Det var allerede laget en 3D-modell, og det var det første prosjektet Prof. Fischer gjorde 3D-koordinering. De innså at for å være effektive så burde de også koordinere arbeid over tid. Problemet var da at de brukte planene entreprenørene hadde laget, og importerte de i modellen. Resultatet ble at den ikke ga noe verdifull informasjon. Grunnen til det var måten planen var bygd opp på var med for lav detaljeringsgrad, slik at for eksempel støping foregikk over 6 uker, og det var all informasjonen som lå der. Ingen visste hva som egentlig skjedde i løpet av de 6 ukene. Alle skyldte på hverandre når det kom til detaljering, men til slutt forsto de at alle måtte lage en mere detaljert plan for å kunne gjøre denne type arbeidskoordinering. Det, forteller Prof. Fischer, har vært et av de største problemene, nemlig å ha fremdriftsplaner på et detaljnivå som er nødvendig.

Det neste prosjektet Prof. Fischer forteller om var byggingen av konserthallen i Los Angeles, hvor de opplevde mange fordeler. Tilsynshaver på prosjektet ble spurt om han så noe i 4D-modellen som han ikke hadde sett for seg på forhånd. Det hadde han ikke, men det begrunnet han med at dette var det han holdt på hver dag. Likevel hjalp ikke det, da det var helt nødvendig for han å kommunisere dette til andre. Ved å bruke 4D-modellen mente tilsynshaveren at han gikk fra å bruke 6 timer på kommunisering av planene, til 1 time. På samme prosjekt var det problemer med å få godkjenning fra L.A County, da dette ble bygd på en parkeringsgarasje som de eide. De ønsket å forsikre seg om at bruken av kraner og ytterligere laster var trygt. Prosjektlederen brukte mye tid på å forklare en kommuneansatt fremdriftsplanene, men slik som på sykehusprosjektet var det vanskelig å forstå et Gantt-skjema på mange sider. De bestemte seg for å bruke en 4D-modell i stedet, og fikk godkjenning samme dag.

Prof. Fischer fortsetter med å dele flere historier fra samme prosjekt. Dette var på en tid hvor det var veldig mye arbeid å få i LA, og hovedentreprenører som hadde tatt på seg dette komplisert oppdraget kjente ikke byen og miljøet med underentreprenører. Han var derfor usikker på om han ville finne noen som ville ta dette kompliserte prosjektet for en fornuftig penge, når det var mulig å gjøre langt mindre utfordrende oppdrag, uten så mye usikkerhet. Hovedentreprenøren holdt et orienteringsmøte for potensielle underentreprenører, og viste 4D-modellen. Det var tydelig at alle ble nysgjerrige for etter møte var ferdig ble underentreprenørene igjen bare for å diskutere prosjektet seg imellom. Hovedentreprenøren mente da at pengene brukt på modellen allerede var verdt det, da han nå ikke var usikker på om han ville få underentreprenører med seg på prosjektet. Likevel måtte han bevise ovenfor arbeidsgiveren at pengebruken var nødvendig, og da var det ikke nok å si at verdien lå i kommunikasjon, de ville ha tallbasert verdi. For å finne noe kvantifiserbart ble den originale planen sammenlignet med den nye, etter bruk av 4D. Det de da så var at de egentlig hadde planlagt 20 gatestenginger, som det var avsatt 500.000 dollar til, men dette ble ikke nødvendig etter å ha brukt 4D. Allerede der hadde de spart inn de 100.000 dollarne som de brukte på å lage modellen. En annen fordel var at på den tiden var det høy etterspørsel etter stål, noe som førte til at stålleveransen var flere måneder forsinket. Dette var en konserthall og åpningskonserten var allerede annonsert, så da måtte de finne en måte å ta igjen 6 måneder med produksjon. For å få til dette måtte mye arbeid gjøres parallelt, noe som krevde en større investering fra arbeidsgiver. For å få godkjenning til dette lagde de en 4D-modell i samarbeid med underentreprenørene for å se hvordan ulike scenarier ville påvirke prosjektet. Det endte med at de fikk godkjenning fra hovedkontoret.

Før dette jobbet Prof. Fischer på Disney California Adventure, en fornøylespark i Anaheim, hvor verdien av 4D lå i å bekrefte konstruksjonsstrategien. De bygde verdens lengste berg og dal-bane, og utfordringen var at den lå innerst i parken. De spurte 5 konstruksjonseksperter om de kunne lage en plan, og det resulterte selvfølgelig i 5 forskjellige planer hvor alle mente at sin var best. Det ble så brukt 4D for å se hvordan de fungerte, og det ble tydelig at ingen fungerte slik som ønsket. 4D-modellen ble vist til ca. 200 personer, og det var ikke før de som hadde ansvar for testingen av banen at det ble oppdaget en grov feil. Strategien var nemlig å bruke en lagune som utgangspunkt for byggingen, og fylle den opp med vann når de var ferdig. Det testerne da sa var at de måtte fylle vann i lagunene 6 måneder tidligere, for å teste



banen med vann i lagunene. De hadde aldri oppdaget denne feilen dersom det ikke var laget en 4D-modell.

Videre trekker Prof. Fischer frem et prosjekt fra Hong Kong Disney Land. Det ble stilt spørsmål om 4D kunne benyttes på et så tynt informasjonsgrunnlag, fordi lite av prosjektet var kjent på det aktuelle tidspunktet. Hong Kong City skulle konstruere en ny øy som Disney Land skulle bygges på. Så Disney skulle bygge fornøylesparken, men byen hadde ansvar for å sørge for infrastrukturen. Dette var potensielt vanskelig, da det var helt nødvendig å koordinere arbeid med strøm, gass osv. mellom Disney og byen. Det måtte da lages en konstruksjonsplan veldig tidlig i prosjektet for at byen skulle kunne tilpasse sine byggeplaner til Disney sine, og på den måten ha en infrastruktur klart på de områder hvor det var nødvendig. Det var svært mange forskjellige meninger om hva som var den beste strategien, og i dette tilfellet brukte de 4D for å kunne diskutere, utvikle og enes om en fremdriftsplan.

*«... Du kan se at det er implikasjoner på hva slags detaljnivå og hvilken type organisering du trenger å ha på 3D-modellen, hva slags detaljnivå og organisering som er nødvendig i tidsplanen, og hvem som må være involvert i å bygge 4D-modellen.»*

Neste prosjekt Prof. Fischer forteller om var et stort prosjekt nær Berkeley som skulle bestå av et kjøpesenter, leiligheter osv. Her brukte byggherren veldig lang tid på å bestemme seg, noe som førte til at det bare ble 16 måneder å bygge på. Et selskap som Fischer jobbet mye med tok på seg prosjektet. Ved byggestart oppdaget de arkeologiske gjenstander, noe som krevde ytterligere forsinkelser. De trengte da all den hjelp de kunne få for å ta igjen mest mulig av den tapte tiden, og landet da på bruk av 4D. Det ble da laget en modell av kritisk vei, og lederne for de forskjellige fagene ble spurt om de kunne akselerere arbeidet på noen av de aktivitetene som inngikk der. Prosessen forgikk ved at formennene kom med forslag, det ble lagt inn i modell og så ble det vurdert om det fungerte. Over et par uker hadde de klart å ta igjen 3 uker på prosjektet.

### **Hva er din erfaring med oppfølging på byggeplass i sanntid med for eksempel en app?**

Ifølge Prof. Fischer er dette fortsatt på et eksperimentalt nivå. For at det skal fungere i praksis ser han for seg en relativ enkel utforming, med oversikt over aktiviteter/oppgaver. Han forteller deretter om et prosjekt i Saudi Arabia for 10 år siden, hvor byggherre og entreprenør konstant kranglet om status i prosjektet. Dermed lagde noen på prosjektet en 3D-modell over

alt som trengtes å bli bygd, samtidig som de hadde en veldig detaljert liste over aktiviteter. De klarte å sammenkoble denne informasjonen, også sammen med kvantitet. Tidligere tok det én uke å lage framdriftsrapporten, nå tok de en runde på byggeplass og satt status på alle elementene samme dag som rapporten skulle innleveres, og ferdigstilte den i løpet av noen timer. Det ble ingen flere diskusjoner med byggherre, prosjektleder var fornøyd, men likevel ble det ikke brukt igjen.

### **Har du noen erfaring med spesifikke 4D-verktøy?**

Prof. Fischer forteller at han stort sett har erfaring med ALICE. Der utfordres hvordan en fremdriftsplan lages, og målet er at alt skal skje automatisk. De fikk en respektert ingeniør med på å teste programmet ved å lage en plan til et prosjekt han nettopp hadde gjennomført for å se om ALICE kunne lage en plan som han kunne brukt i virkeligheten. De brukte tre dager på å legge inn ingeniørens kunnskap med tanke på konstruksjonsmetoder, og til slutt satt de igjen med en plan han var fornøyd med. Det som da var interessant, fortellere Prof. Fischer, var at de da ikke bare hadde en plan, men hadde mange forskjellige planer som de hadde sett på. Ingeniøren hadde også brukt 3 dager på den originale planen, men da satt han også igjen med bare én plan og lite muligheter til å undersøke andre alternativer. Ingeniøren mente han hadde forstått prosjektet bedre dersom han hadde vært gjennom dette før prosjektstart.

### **Hva tenker du er viktig ved valg av 4D-verktøy?**

Det som er Prof. Fischers erfaring er at det mest kritiske, dersom modellen skal brukes for kommunikasjon, er at det er mulig å reorganisere. Med det menes kutte, kombinere elementer osv. Dette fordi han opplever at det brukere bruker mest tid på er å koble planen til 3D-elementene.

## Filformater for Synchro

File Import	File Extension
ACIS	SAT, SAB
Autodesk AutoCAD	DWG, DXF
Autodesk Navisworks	DWF, DWFX, SP (Synchro Plugin Required)
Autodesk 3DsMax	FBX
Autodesk Inventor	IPT, IAM
Autodesk Revit	DWF, SP (Synchro Plugin Required)
Bentley Microstation	DGN
Bentley 5S3	DGN, SP (Synchro Plugin Required)
CATIA V4	EXP, DLV, MODEL, SESSION
CATIA V5	CATProduct, CATPart, CATDrawing, CATShape, CGR
Collada	DAE
Dassault Systems	3D XML
HOOPS stream file	HSF
I-deas	MF1, ARC, UNV, PKG
IFC	IFC 2x3, 2x2
IGES part files	IGES, IGS
PTC ProE/Creo	PRT, ASM, NEU, XAS, XPR
Rhino	3DM
Siemens NX	PRT
Siemens Parasolid	xmt_bin, x_b, x_t, xmt_txt
Solid Edge	ASM, PAR, PWD, PSM
SolidWorks	SLDASM, SLDPRT
STEP part files	STEP, STP
Stereo Lithography	STL
Trimble SketchUp	SKP
UGS JT	JT
Unigraphics NX	PRT
Universal 3D	U3D
VDA-FS	VDA
VRML files	VRML, WRL
3D PDF	PDF, PRC

# Filformater for Navisworks

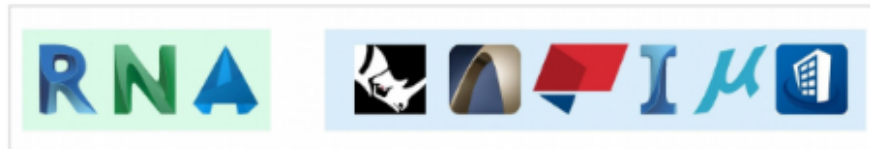
Format	Extension	File format Version
Navisworks	.nwd .nwf .nwc	All versions
AutoCAD	.dwg, .dxf	Up to AutoCAD 2017
MicroStation (SE, J, V8 & XM)	.dgn .prp .prw	v7, v8
3D Studio	.3ds .prj	Up to Autodesk 3ds Max 2017
ACIS SAT	.sat .sab	All ASM SAT. Up to ACIS SAT v7
Catia	model .session .exp .dlv3 .CATPart .CATProduct .cgr	V4, v5
CIS/2	.stp	STRUCTURAL_FRAME_SCHEMA
DWF/DWFX	.dwf .dwfx	All previous versions
FBX	.fbx	FBX SDK 2017.0
IFC	.ifc	IFC2X_PLATFORM, IFC2X_FINAL, IFC2X2_FINAL, IFC2X3, IFC4
IGES	.igs .iges	All versions
Inventor	.ipt .iam .ipj	Up to Inventor 2017
Informatix MicroGDS	.man .cv7	v10
JT Open	.jt	Up to 10.0
NX	.prt	Up to 9.0
PDS Design Review	.dri	Legacy file format. Support up to 2007.
Parasolids	.x_b	Up to schema 26
Pro/ENGINEER	.prt .asm .g .neu	Wildfire 5.0, Creo Parametric 1.0-3.0
RVM	.rvm	Up to 12.0 SP5
Revit	.rvt	Up to 2017
SketchUp	.skp	v5 up to 2016
Solidworks	.prt .sldprt .asm .sldasm	2001 Plus-2015
STEP	.stp .step	AP214, AP203E3, AP242
STL	.stl	Binary only
VRML	.wrl .wrz	VRML1, VRML2
PDF	.pdf	All versions
Rhino	.3dm	Up to 5.0

# Filformater for ALICE

## 1. OPTIMUM IFC-ALICE WORKFLOW\_Draft v1.0

### 1.1. Model Formats

- 1.1.1. All major BIM platforms are capable of exporting IFC files and this workflow has been drafted considering exports from Revit, Rhino, Tekla, Bentley Architecture, ArchiCAD. This workflow also holds good for IFCs coming from multiple platforms listed above.
- 1.1.2. In case the model demands any modification to the native model i.e. design updates etc., the Customer Success Management team can provide such service for models in Revit/Navis & Civil 3D formats. For any other file format, the project team will be responsible for making the modifications.



### 1.2. Structure for the workflow

- 1.2.1. Optimised workflow to transfer IFCs files into ALICE is shown in the diagram:

