



U i T

**NORGES
ARKTISKE
UNIVERSITET**

Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi

Hvordan kan bruk av digitale verktøyer effektivisere produksjon på byggeplass for en mellomstor bedrift?

Digitalisering i Sortland Entreprenør

Kaja Pettersen

Masteroppgave i Integret Bygningsteknologi, mai 2018



MASTEROPPGAVE

for

Kaja Pettersen

(Studentnummer 530496)

Vår 2018

Hvordan kan bruk av digitale verktøyer effektivisere produksjon på byggeplass for en mellomstor bedrift?

(How can use of digital tools streamline production at the building site for a medium sized company)

Bakgrunn

Byggenæringen er en bransje som bygger store prosjekter og store verdier med relativ lav avkastning/ i høy konkurranse. Tradisjonelt har næringen vært konservativ og i flere tilfeller vært kjent for lite innovasjon og effektivisering. Dette gjør at bransjen det siste tiåret har sett etter måter å effektivisere produksjonen på. Dette i sammenheng med det digitale skifte gjør at digitale verktøyer og industriell produksjon er høyaktuell i byggenæringen. Vi ønsker i denne oppgaven å se på hvilke muligheter disse digitale verktøyene gir en mellomstor bedrift.

Begrensning av oppgaven

Faglig: Skal ikke se på hele prosjektgjennomføringen, men ser på fordeler (kvalitet, framdrift/tid og økonomi) som forenkler/effektiviserer bygge-/utførelsesfasen.

Teknisk: Går ikke i dybden angående programvarer, men ser på fordeler (kvalitet, framdrift/tid og økonomi) ved disse. Foreløpig er også oppgaven begrenset til noen programvarer (Syncro og Rendra). Skulle det vise seg at andre alternativ kommer opp i løpet av prosjektet, må det fortløpende vurderes om disse skal bli tatt inn som en del av oppgaven. Alternativt kan de bare nevnes uten å gjøre noen ytterligere studie av disse.

Arbeidet skal omfatte (men ikke nødvendigvis avgrenses til):

1. Innledende arbeid/litteraturstudium med avgrensninger og definisjoner.
2. Se på hvordan Sortland Entreprenør i dag benytter seg av Solibri – avdekke kunnskapsnivået og har dette effektivisert produksjonen.
3. Feltstudie: Sjekke i organisasjonen hvordan systemet fungerer i dag, og hvilke behov de ulike aktørene har. I dette inngår intervjuer med prosjektledere og formenn, samt være med på framdriftsmøter/prosjekt møter. Er organisasjonen klar for et digitalt skifte?
4. Kan bruk av digitale verktøy videreutvikles i bedriften, og kan annen programvare gi andre muligheter/løsninger– f.eks Rendra eller 4D-BIM ved hjelp av Syncro.

Samarbeidspartner

Oppgaven gjennomføres i samarbeid med Sortland Entreprenør.

Sortland entreprenør har i løpet av de siste årene gjort flere digitale skifter. De har gjort timesregistreringen digitalt, de har endret kalkulasjonsprogram (Byggoffice), endret programvare for fremdriftsplanlegging (MS-prosject) og startet med BIM-prosjekter (Solibri). Som en mellomstor bedrift med korte beslutningsveier ønsker de å være fremst på den digitale utviklingen. Derfor ønsker de å samarbeide med studenter for å sjekke muligheter og begrensninger som ligger i det «digitale» skifte.

Generelt

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

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

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

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

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

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

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

Besvarelsen leveres digitalt i WISEflow.

Utleveringsdato:	08.01.2018
Innleveringsdato:	16.05.2018 kl. 12.00
Kontaktperson bedrift:	Andreas Einejord Telefon: 951 94 945 E-post: aei@se-gruppen.no
Veileder UiT - IVT:	Førstelektor Tor Kildal Telefon: 977 87 115 E-post: tor.kildal@uit.no

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



Tor Kildal
Faglig ansvarlig/veileder UiT

Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på et 2-årig masterstudium ved Institutt for bygg, energi og materialteknologi ved Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi ved UiT Norges Arktiske Universitet (UiT), campus Narvik. Oppgaven er utarbeidet i løpet av vårsemesteret 2018, og har en studiebelastning på 30 studiepoeng.

Oppgaven er utført i samarbeid med Sortland Entreprenør AS og omhandler hvordan produksjonen på byggeplassen kan effektiviseres ved hjelp av digitale verktøyer. I løpet av de siste årene har Sortland Entreprenør vært igjennom flere digitale skifter; Timeregistreringen kjøres digitalt, MS Project blir brukt for fremdriftsplanlegging og ISY ByggOffice for kalkulasjon og produksjonsoppfølging, og BIM-prosjekter er startet opp ved bruk av Solibri Model Checker. Videre har bedriften et ønske om å være fremst i den digitale utviklingen, og derfor skal det i dette arbeidet bli sjekket opp muligheter og begrensninger for et digitalt skifte i bedriften i denne oppgaven.

Arbeidet med oppgaven har gitt meg bedre innsikt i teamet om digitalisering i byggebransjen og jeg tar med meg mange erfaringer videre. Jeg ønsker å rette en takk til min eksterne veileder ved Sortland Entreprenør, Andreas Vollan Einejord, som har tatt seg tid i en ellers travel hverdag til å støtte og veilede meg gjennom denne prosessen. Til slutt vil jeg takke faglærer og veileder ved UiT, Tor Kildal.

Narvik, 16. mai 2018



Kaja Pettersen

Sammendrag

Verden befinner seg i dag i en rask og omveltende teknologisk utvikling, der alle næringer blir påvirket av digitalisering som radikalt endrer måten å jobbe, samhandle og kommunisere på. Over lengre tid har byggebransjen vært en bransje der innovasjon og nytenkning ikke har vært et satsningsområde. Synkende effektivitet og økt konkurranse mellom aktører har medført at en endring av arbeidsmetode er blitt nødvendig. Tegnebrettet og plantegninger er dermed erstattes med 3D-modeller med millimeterpresisjon og bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er nå et satsningsområde hos de fleste entreprenører i Norge.

Hensikten med denne masteroppgaven er å undersøke om Sortland Entreprenørs kunnskapsnivå innenfor BIM er godt nok til å videreutvikle bruken av programvarer i bedriften. Sortland Entreprenør er en mellomstor bedrift og har et mål om å være fremst i den digitale utviklingen i regionen. I denne masteroppgaven har Sortland Entreprenør et ønske om å få svar på følgende problemstilling:

Hvordan kan bruk av digitale verktøyer effektivisere produksjon på byggeplass for en mellomstor bedrift?

Det blir da sett på positive effekter innen kvalitet, fremdrift og økonomi for følgende programvarer; Solibri Model Checker, Synchro Professional og StreamBIM by Rendra. Solibri Model Checker er i implementeringsfasen i bedriften i dag, og videre ønsker Sortland Entreprenør å se på mulighetene StreamBIM by Rendra og Synchro Professional kan tilføre bedriften. Det vil derfor være essensielt å undersøke om dagens kunnskapsnivå til bedriften er godt nok til et digitalt skifte.

Solibri Model Checker blir benyttet til kollisjonskontroller, mengdeuttak og til visualisering av bygning og byggetekniske løsninger. Dette har effektivisert prosjekteringen, erstattet tradisjonelle arbeidsmetoder utført for hånd og redusert risikoen for menneskelige måle- og regnefeil. I tillegg er produksjonen på byggeplassen effektivisert; det er økt kvalitet gjennom bedre løsninger, økt fremdrift på grunn av færre uforutsette hendelser, mer produktiv tid og mindre ressurser brukt på ombygginger.

Videre ser Sortland Entreprenør et potensiale i 4D-planlegging og økt tilgjengelighet av modell på byggeplass. Synchro Professional er et 4D-planleggingsverktøy som gir en visualisering av fremdriftsplanen, som selv hevder programvaren kan gi opptil 75% økning av arbeidskraft, 50% kostnadsbesparelser og 15% redusert tid til fremdriftsplanlegging, men dette krever et høyt kompetansenivå.

For å få økt tilgjengelighet av modell på byggeplass er StreamBIM by Rendra et brukervennlig og allsidig 3D-BIM som gir enkel tilgang via mobil, nettbrett og/eller datamaskin. Programmet sikrer sanntidsdeling av informasjon og gir prosjektdeltakere mulighet til å kommunisere med hverandre. Produktiviteten økes ved at arbeiderne blir mer selvstendige og at siste versjon av tegninger og modeller alltid er tilgjengelige.

I Sortland Entreprenør i dag er det for få prosjektledere og formenn med tilstrekkelig kompetanse og kunnskap til å bruke Solibri Model Checker, samt ingen med kompetanse nok til å bruke programvaren fullt ut. I fremtiden må Sortland Entreprenør derfor fokusere på kursing og opplæring av ansatte av nåværende programvarer, før de kan implementere nye digitale verktøyer/programvarer. Likevel bør Sortland Entreprenør fokusere på økt tilgjengelighet av modell på byggeplass, og StreamBIM by Rendra vil derfor være aktuelt før Synchro Professional.

Abstract

Today the world is in a fast and agile technological development, where all industries are influenced by digitization that radically changes the way of working, interacting and communicating. For a long time, the construction industry has been an area where innovation have not been a priority, but declining efficiency and increased competition between players have forced them to change their working method. Drawing boards and floor plans have also been replaced by 3D models with millimeter pricing and building information modeling (BIM) is now a priority area for most contractors in Norway.

The purpose in this project have been to investigate whether Sortland Entreprenør's knowledge within BIM is good enough to further develop the use of software in the company. Sortland Entreprenør aims to be at the forefront of digital development in the region and in this (project) master thesis has a desire to answer the following issue:

How can use of digital tools streamline production on site for a medium sized business?

It was important to look at positive effects in terms of quality, progress and economy for the following software; Solibri Model Checker, Synchro Professional and StreamBIM by Rendra. Solibri Model Checker is in the implementation phase of the company today, and further, Sortland Entreprenør wants to consider the possibilities StreamBIM by Rendra and Synchro Professional can add to the company. It's therefore predominant to investigated whether the level of knowledge within BIM is good enough for a digital shift in the company today is good enough for a digital shift.

Solibri Model Checker is used for collision checks, quantity withdrawals and for visualization of building and building engineering solutions. This has streamlined the design, replaced traditional manual working methods and reduced the risk of human measurement and rainfall errors. In addition, production at the building site is more efficient; There is increased quality through better solutions, increased momentum due to fewer unforeseen events, more productive time and less resources spent on rebuilding.

Furthermore, Sortland Entreprenør sees a potential in 4D planning and increased availability of model on construction site. Synchro Professional is a 4D planning tool that provides a visualization of the progress plan. The software can provide up to 75% increase in labor, 50% cost savings and 15% reduced time for propulsion planning, but this requires a high level of competence.

For increased accessibility of model on site, StreamBIM by Rendra is an easy-to-use and versatile 3D BIM that provides easy access through mobile, tablet and / or computer. The program ensures real-time sharing of information and allows project participants to communicate with each other. Productivity is increased by the fact that the workers become more independent and that the latest version of drawings and models is always available.

In Sortland Entreprenør, there are too few project managers and officers with sufficient expertise and knowledge to use Solibri Model Checker, as well as none of the skills to use the software fully. In the future, Sortland Entreprenør must therefore focus on coursing and training of employees of current software before they can implement new ones. Nevertheless, Sortland Entreprenør should focus on increased availability of model on site, and StreamBIM by Rendra will therefore be applicable before Synchro Professional.

Innholdsfortegnelse

Del I Introduksjon og metode.....	1
1 Innledning.....	2
1.1 Bakgrunn.....	2
1.2 Formål og delmål.....	3
1.3 Avgrensninger.....	4
1.4 Oppbygging.....	4
2 Metode.....	5
2.1 Forskningsmetoder.....	5
2.2 Induktiv og deduktiv tilnærming.....	5
2.3 Metoder for datainnsamling.....	6
2.4 Valg av metode.....	7
2.4.1 Litteraturstudie.....	7
2.4.2 Intervju med nøkkelpersoner.....	7
2.4.3 Feltstudie og test av programvarer.....	8
2.5 Oppgavens kvalitet.....	8
2.5.1 Validitet og reliabilitet.....	9
2.6 Feilkilder.....	10
Del II Teori.....	11
3 Strategi for å oppnå suksess.....	12
3.1 Strategisk planlegging og strategisk ledelse.....	12
4 Prosjekteringsprosessen.....	14
4.1 Felles IKT-plattform.....	15
4.2 Prosjektorganisasjon.....	15
4.3 Prosjektstyring.....	16
5 Fremdriftsplanlegging.....	17
5.1 Tradisjonell fremdriftsplanlegging.....	18
5.1.1 Fremstilling av fremdriftsplaner.....	18
5.2 Digitale verktøyer for fremdriftsplanlegging.....	19
5.2.1 Nyere planleggingsmetoder.....	20
6 Digitalt veikart for BAE-næringen.....	21
6.1 Digital byggeprosess.....	22
6.2 Digital tvilling.....	22

7	Bygningsinformasjonsmodellering.....	23
7.1	Grunnleggende teori.....	23
7.2	buildingSMART og åpenBIM.....	24
7.2.1	Nivåer innenfor BIM.....	26
7.3	3D-Verktøy.....	27
7.3.1	Solibri Model Checker.....	27
7.4	4D-BIM.....	28
Del III Sortland Entreprenør, Solibri og test av nye programvarer.....		31
8	Om entreprenøren.....	32
8.1	Sortland Entreprenør AS.....	32
8.1.1	SE Gruppen AS.....	33
8.1.2	Sortland Entreprenørs strategi.....	35
8.2	Planlegging i Sortland Entreprenør.....	36
8.2.1	Teoretisk produksjonsplanlegging i Sortland Entreprenør.....	36
8.2.2	Praktisk produksjonsplanlegging i SE.....	39
8.3	Bruk av digitale verktøyer.....	41
8.3.1	MS Project i Sortland Entreprenør.....	41
8.3.2	BIM i Sortland Entreprenør.....	43
9	Solibri i Sortland Entreprenør.....	44
9.1	BIM-manual for prosjekter i Sortland Entreprenør.....	44
9.1.1	BIM-koordinator i Sortland Entreprenør.....	44
9.1.2	BIM-ansvarlige for hvert fagfelt.....	44
9.1.3	Sammenstilling av modell.....	45
9.2	BIM-prosjekter i Sortland Entreprenør.....	45
9.2.1	Første sammensatte modeller; Toyota Nordvik AS og Hålogaland Varmeservice.....	46
9.2.2	Første fullverdig BIM-prosjekt; Risøyhamn skole.....	48
	BIM i fremtiden.....	52
9.2.3	Første sammensatte modell med alle tekniske fag; Sortland Senter.....	52
	BIM i fremtiden.....	54
9.2.4	3D-armering; Ånstadblåheia vindmøllepark.....	55
9.2.5	Kommende prosjekt; Lødingen skole.....	59
9.3	Oppsummering av funksjoner og effekter.....	61
9.3.1	Visualisering.....	61
9.3.2	Kollisjonskontroll.....	63
9.3.3	Mengdeuttak.....	64

9.4	Nye behov og muligheter	65
9.4.1	3D-modell tilgjengelig på byggeplass	65
9.4.2	4D-visualisering	65
9.4.3	Bakgrunn for digitaliseringen.....	65
10	Test av nye programvarer	66
10.1	Synchro Software	66
10.1.1	Praktisk bruk av Synchro Professional.....	67
10.1.2	Forventede effekter.....	69
10.2	StreamBIM by Rendra.....	71
10.2.1	Praktisk bruk.....	71
10.2.2	Forventede effekter.....	73
Del IV	Diskusjon og konklusjon.....	75
11	Diskusjon.....	76
11.1	BIM i Sortland Entreprenør i dag.....	76
11.1.1	Kunnskapsnivå Solibri Model Checker.....	76
11.1.2	ÅpenBIM i prosjektene	78
11.2	Hvordan fungerer systemet i Sortland Entreprenør i dag?	79
11.3	Digitalt skifte i Sortland Entreprenør	80
11.3.1	Tilgjengelig modell på byggeplass – StreamBIM by Rendra.....	80
11.3.2	4D-planlegging – Synchro Professional.....	81
11.4	Valg av programvarer.....	82
12	Konklusjon.....	83
13	Forslag til videre arbeid.....	84
	Referanseliste	85
	Vedlegg	87
	Vedlegg 1: Intervjuguide	88
	Vedlegg 2: E-post intervju	90

Tabelliste

Tabell 1: Metoder for datainnsamling [9].	6
---	---

Figurliste

Figur 1: Arbeidsproduktivitet mellom bygg- og anleggsnæringen og Fastlands-Norge [7].	2
Figur 2: Sammenheng mellom validitet og reliabilitet.	8
Figur 3: Strategisk planlegging deles inn i formell planlegging og uformell planlegging.	12
Figur 4: Ulike planleggingsperspektiv.	13
Figur 5: Påvirkning av kostnader er størst under prosjektering [15].	14
Figur 6: Prosjektorganisasjon totalentreprenør	15
Figur 7: Prosjektstyringsløyfe inndelt i prosjektoppgaver, prosjektfaser og styringsoppgaver [16]. ..	16
Figur 8: Eksempel på Gantt-diagram.	18
Figur 9: Hovedelementer i digitalt veikart [22].	21
Figur 10: BIM-trekanten, fra buildingSMART Norge.	25
Figur 11: En designprosess med BIM gir mulighet for tidligere innvirkning på kostnader og funksjonell produktivitet enn tradisjonelle designprosesser med 2D-tegninger.	27
Figur 12: Logo med slagord for både morselskapet SE-gruppen og for Sortland Entreprenør.	32
Figur 13: Organisasjonskart Sortland Entreprenør.	33
Figur 14: Organisasjonskart SE-Gruppen AS	34
Figur 15: Ulike ledelsesprosesser for et prosjekt	36
Figur 16: Etablering av prosjektorganisasjon med utvelgelse av formann og prosjektleder.	36
Figur 17: Et eksempel på en fremdriftsplan utarbeidet i MS Project for et pågående prosjekt i Sortland Entreprenør «Sortland Senter».	41
Figur 18: BIM-manual.	44
Figur 19: Toyota Nordvik AS på Sortland var første prosjekt det ble laget en sammensatt modell.	46
Figur 20: Modell ble brukt til visualisering for å sjekke at stål og fundamentering ble plassert rett i forhold til hverandre, og til mindre detaljer.	46
Figur 21: Sammensatt modell for betong, armering og stålkonstruksjoner for Hålogaland Varmeservice.	47
Figur 22: 3D-armering gir et mye oversiktligere bilde av armeringen enn armeringstegninger.	47
Figur 23: Risøyhamn skole.	48
Figur 24: Eksempler på kollisjoner som blir avdekket ved kollisjonskontroll.	48
Figur 25: Visualisering av modell er nyttig under møter.	49
Figur 26: Mengdeuttak av betongvegger 200 mm.	50
Figur 27: Mengdeuttak av antall ytterdører i bygget.	50
Figur 28: Målefunksjonen var nyttig, men i noen tilfeller ble mål skjult i vegger og andre elementer.	51
Figur 29: BIM-kiosk på "Risøyhamn skole" var en 60`` TV.	51
Figur 30: Sortland Senter består av kun én etasje før utbygging.	52
Figur 31: 3D-modell viser hvordan Sortland Senter blir seende ut med to etasjer.	53
Figur 32: Viser sprinkleranlegg som kolliderer med ventilasjonskanaler og gitterdragere.	53
Figur 33: Lokale entreprenører bygger vindmølleparken, og Sortland Entreprenør har ansvar for fundamentene.	55
Figur 34: Fundamenter til vindmøllene består av ca. 50 tonn armering og 200 bolter.	56
Figur 35: Armeringstegning av vindmøllefundament.	57

Figur 36: Ved å klikke på elementer til grønn farge, vil detaljer som diameter på armeringsjern, diameter på bend, lengde til armeringsjern osv. komme opp.....	57
Figur 37: Senteravstand kan enkelt måles i modell.....	58
Figur 38: Tilgang på BIM-modell var plassert et godt stykke unna anleggsplass og vindmøller.....	58
Figur 39: Sammensatt modell for Lødingen Skole.....	59
Figur 40: Mengdeuttak fra IFC-fil i anbudsgrunnlaget.....	59
Figur 41: RIB-modell er plassert i feil nullpunkt.....	60
Figur 42: Bildene viser hvordan man kan sammenligne en 3D-modell opp mot virkeligheten.....	61
Figur 43: 3D armering gir et langt bedre visuelt bilde enn vanlige armeringstegninger og forenkler arbeidet til betongarbeiderne betydelig.....	62
Figur 44: Bilde til venstre viser krasj mellom stålsøyle og kabelbro, og bilde til høyre mellom ventilasjon og kabelbro.....	63
Figur 45: Mengdeuttak på Solibri effektiviserer prosessen og benyttes i anbudsfasen og til varebestilling.....	64
Figur 46: Oversikt over Synchron Professionals brukergrensesnitt.....	67
Figur 47: Fokuslinja bestemmer hva som blir vist i 3D-vinduet.....	68
Figur 48: Bilde av importert fremdriftsplan og 3D-modell som henholdsvis XML- og IFC-fil.....	69
Figur 49: Oversikt over viktige funksjoner og faner i StreamBIM.....	71
Figur 50: Mulighet til å skru av og på fag.....	72
Figur 51: Plantegninger.....	72
Figur 52: Man kan enkelt legge inn punkter for avvik.....	73
Figur 53: Synchron Professional linker tradisjonell fremdriftsplan med 3D-objekter i IFC-modell.....	81

Begrepsliste

Begrep	Forklaring
Aktivitet	Arbeidsoppgave som krever ressurser for å bli gjennomført
Aktører	Alle medvirkende/deltakende i prosjektet – Entreprenører, prosjektledere, formenn, byggherre, arkitekter, myndigheter og tilsvarende.
Anbud	Er det tilbud som blir inngitt av en anbyder i en anbudskonkurranse. Det er ikke lov til å forhandle om anbudet og endre anbud etter anbudsfristens utløp.
Avvik	Registreringer/observasjoner som ligger utenfor fastsatte grenser.
BIM-koordinator	Ansvarlig for å følge opp krav og retningslinjer i BIM-manual.
BIM-manual	En manual med retningslinjer og krav til hvordan Sortland Entreprenør ønsker å benytte seg av BIM i prosjekteringen.
Byggenæring	Fellesnevner for alle bedrifter innenfor bygg, anlegg og eiendom.
Byggeprosess	Alle prosesser som fører fram til eller er en forutsetning for det planlagte byggverk.
Byggeprosjektets faser	Består av en prosjekteringsfase og en produksjonsfase. Prosjekteringsfasen kan deles opp i en forprosjektfase og detaljprosjektfase.
Byggherre	Også kjent som tiltakshaver. Den som utfører et bygge- eller anleggsarbeid. Har ansvar overfor kommunen at gjeldende lover, forskrifter og arealplaner følges. Ansvar for søknader, prosjektering, utføring og kontroll av tiltaket kan overføres til andre med særlig kompetanse.
Fag	Fagområder innenfor byggebransjen. For eksempel elektro, rør, ventilasjon, tømrer, mm.
Flyt	Angir planleggingsfrihet for aktiviteten, altså hvor mye aktiviteten kan forskyves i tid uten å påvirke prosjektets sluttdato.
Fremdriftsplan	En fremdriftsplan er delt inn i aktiviteter og milepæler, og er en plan for hvordan et prosjekt skal utføres.
Interoperabilitet	En egenskap ved et produkt eller et system, som innebærer at grensesnittet er fullstendig forstått, slik at det kan arbeide sammen med andre produkter eller systemer.
ISY ByggOffice	Et verktøy/programvare for kalkulasjon og oppfølging av prosjekter.
Jobbpakkemodulen	Innenfor ISY ByggOffice består jobbpakkemodulen av aktivitetsplaner og ansatte.
Kalkulasjonsfase	Beregner anbud og hva prosjektet vil koste.
Kollisjonskontroll	Er en digital kvalitetssikring av fagmodeller på objektnivå, og har som hensikt å finne feil i tverrfaglig koordinering.
Kvalitetssikringssystem/ kvalitetssystem	Et system bestående av systematiske og planlagte tiltak som dekker alle bransjeområder i bygg- og anleggsbransjen med blant annet sjekklister, avviksmeldingssystem, krav til planlegging osv.
Milepæl	En planlagt registrerbar hendelse knyttet til gjennomføring av aktiviteter.
Planleggingsfasen	Sikre at virksomheten har en god forståelse for arbeidet som kreves for å gjennomføre prosjektet, før en forplikter seg til en betydelig investering.

Produksjonsfasen	Utførelse av arbeid, byggefase.
Prosjekteringsfasen	Består av et skisseprosjekt, forprosjekt og detaljprosjekt. Det blir prosjektert løsninger for prosjektet.
Rent Tørt Bygg (RTB)	En filosofi i byggenæringen som har bidratt til økt fokus på systematisk renhold i byggeprosessen og etter at brukerne av bygget har flyttet inn.
Ressurs	Den som utfører aktiviteten
Slakk	Differansen mellom seneste og tidligste tidspunkt for en hendelse. En buffer av tid.
Tingenes internett	Er et nettverk av identifiserbare gjenstander som er utstyrt med elektronikk, programvare, sensorer og nettverk som gjør gjenstandene i stand til å koble seg til hverandre og utveksle data. Med andre ord roboter.
Totalentreprenør	Har ansvar for både prosjektering og utførelse. Se totalentreprise.
Totalentreprise	Er et bygge- eller anleggsarbeid der entreprenøren i sin avtale med byggherren påtar seg både prosjektering og utførelse. Entreprenør (totalentreprenør) har kontrakt med rådgivere og underentreprenører.
Underentreprenør	En underentreprenør er innleid av totalentreprenør, der totalentreprenør har alt ansvar.
3D-modell	Er en modell av en bygningskonstruksjon med bæresystem og tekniske fag som visualiserer hvordan bygningen vil se ut.
4D-planlegging	Fremdriftsplan kobles opp mot 3D-modell, blir en visualisering av fremdriftsplanen.

Forkortelser

Forkortelse	Beskrivelse
AR	Augmented Reality
ARK	Arkitekt
BAE-næringen	Bygge-, anlegg- og eiendomsnæringen
BIM	Bygningsinformasjonsmodell(ering)
bSI	buildingSMART International
CPM	Critical Path Method/Kritisk vei-metoden
FDV	Forvaltning, drift og vedlikehold
IDM	Information Delivery Manual
IFD	International Framework for Data Dictionary
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
IFC	Industry Foundation Classes
KS-system	Kvalitetssikringssystem
KTI	Kundetilfredshet

MTI	Medarbeidertilfredshet
PERT	Program Evaluation and Review Technique
RIB	Rådgivende ingeniør bygg
RIE	Rådgivende ingeniør elektroteknikk
RIR (sprinkler)	Rådgivende ingeniør rør sprinkleranlegg
RIV	Rådgivende ingeniør VVS
SE	Sortland Entreprenør
UE	Underentreprenør
VVS	Varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk

Del I

Introduksjon og metode

1 Innledning

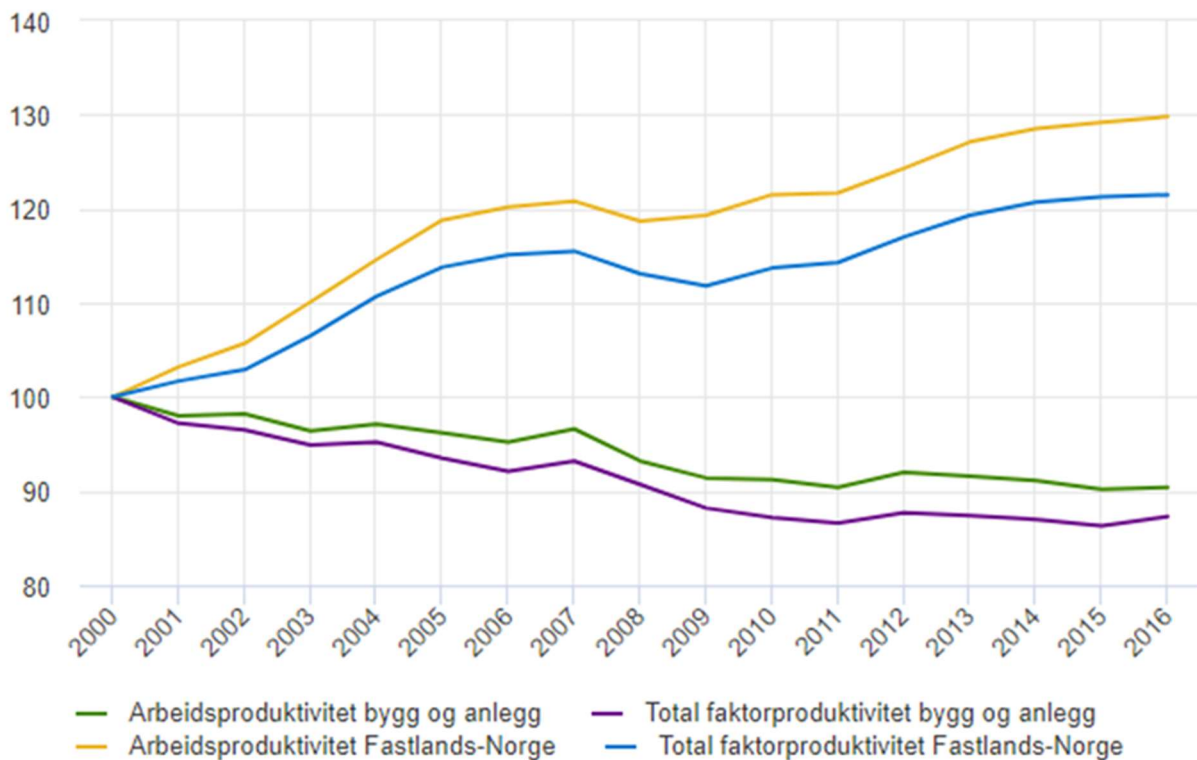
Dette innledende kapitlet presenterer bakgrunnen for masteroppgaven og hvorfor akkurat dette temaet er av interesse. Formulering av masteroppgavens formål, delmål, avgrensninger og oppbygging følger i kronologisk rekkefølge.

1.1 Bakgrunn

For 150 år siden skrev Charles Darwin «It is not the strongest of the species that survives, nor the most intelligent, but the one most responsive to change». Dette gjelder ikke bare for artene, men er også aktuelt for dagens konkurransesituasjon mellom bedrifter. Det er de som er i stand til å tilpasse seg best som overlever. [1]

Byggenæringen har eksistert fra veldig langt tilbake i tid og i løpet av historien har det blitt gjennomført store byggeprosjekter. De mest kjente er de egyptiske pyramidene som er over 4600 år gamle, den Kinesiske Mur, Machu Picchu i Peru, Eiffeltårnet, Operahuset i Sydney og Burj Dubai som er 828 meter høyt og sto ferdig i 2010. Felles for alle byggverkene er at de trengte nøye planlegging for å oppnå en vellykket produksjon, men likevel har det vært liten utvikling, effektivisering og innovasjon innenfor planlegging og produksjon i byggebransjen i forhold til andre næring.

Som vist i Figur 1 og ifølge statistisk sentralbyrå har arbeidsproduktiviteten i bygge- og anleggsnæringen falt med 10 prosent siden år 2000, mens den i resten av Fastlands-Norge har økt med 30 prosent [2]. En av årsakene skyldes at byggenæringen ikke henger med i digitaliseringen verden nå står ovenfor, i tillegg til at byggebransjen består av mange komplekse fag og innviklede fagområder.



Figur 1: Arbeidsproduktivitet mellom bygg- og anleggsnæringen og Fastlands-Norge [7].

Verden befinner seg i en rask og omveltende teknologisk utvikling, der næringer blir påvirket av en digitalisering som radikalt endrer måten å jobbe, samhandle og kommunisere på [3]. Det at bygge og anleggsnæringen har endret seg lite i forhold til andre næringer, kan skyldes at næringen består av viktige arbeidsoperasjoner som ikke kan automatiseres av maskiner eller roboter [4]. Næringen er avhengig av manuelle, usammenhengende og redundante systemer, og fordelene som oppnås gjennom bruk av avanserte data og analyser, droner, automasjon og robotisering er vanskelig å utnytte [5].

Byggenæringen står som mange andre bransjer foran store utfordringer i et stadig mer konkurranseutsatt marked. For å imøtekomme disse utfordringene vil det være avgjørende å øke bedriftenes konkurranseevne gjennom økt effektivitet, fleksibilitet og produktkvalitet [6]. Bygningsprosjekter blir stadig mer komplekse og større i skala, og den økende etterspørselen etter miljøkrevende konstruksjon betyr at tradisjonell praksis må forandres og at det må utvikles nye måter å tenke og arbeide på. Byggebransjen har tradisjonelt en tendens til å fokusere på inkrementelle forbedringer, noe som skyldes at mange mener alle prosjekter er unike og at det vil være upraktisk å bruke ny teknologi og omfavne nye ideer.

Bygge- og anleggsbransjen er likevel under utvikling, der disruptiv innovasjon, digitalisering, utvidet virkelighet og tingenes internett for lengst er blitt en del av arbeidshverdagen. Tegnebrettet er erstattet med nettbrett og digitale 3D-modeller brukes i alle store prosjekter med millimeterpresisjon [3]. Selv om bransjen har hatt lite utvikling, har implementering og bruk av 3D-prosjektering skapt en basis for utvikling for både eksisterende og nye aktører. Digitalisering muliggjør effekter som reduserte byggekostnader, prosjektgjennomføringstid og klimagassutslipp [7].

For å høste de virkelig store samfunnsgevinstene og ønsket effekt må bygge- og anleggsnæringen digitalisere sammen. Det er laget et veikart for å nå målet og Norge ligger godt an i forhold til andre land, men mangler en omforent gjennomføringsmodell. Det er for mange versjoner av grunndata, i tillegg til at næringen mangler felles infrastruktur og kompetanse. Ved å digitalisere sammen, kan byggetiden halveres, kostnadene bli en tredjedel billigere, næringens klimautslipp halveres og eksporten økes med 50 prosent. I sammenheng med dette ble det i 2016/2017 utarbeidet et forslag til et digitalt veikart for bygge-, anlegg- og eiendomsnæringen (BAE-næringen). [8]

1.2 Formål og delmål

Hensikten med denne masteroppgaven er å undersøke om Sortland Entreprenørs kunnskapsnivå innenfor BIM er godt nok til å videreutvikle bruken av programvarer i bedriften. Dette innebærer å undersøke hvilke planleggingsmetoder Sortland Entreprenør benytter i dag, avdekke kunnskapsnivået og hvilket behov ulike aktører har og om andre programvarer kan gi bedre muligheter/løsninger.

Sortland Entreprenør har nå et ønske om å være fremst i den digitale utviklingen i bransjen, og i denne masteroppgaven er det derfor av interesse å utforske hvilke andre muligheter og begrensninger Sortland Entreprenør kan ha ved videre implementering av digitale verktøyer og BIM. Med utgangspunkt i dette vil rapporten se nærmere på hvordan produksjonen på byggeplassen kan effektiviseres ved hjelp av digitale verktøyer. Det er dermed dannet følgende problemstilling:

Hvordan kan bruk av digitale verktøyer effektivisere produksjon på byggeplass for en mellomstor bedrift?

For å presisere problemstillingen og veilede arbeidsprosessen er det satt opp følgende delmål:

- Sjekke hvordan Sortland Entreprenør benytter seg av digitale verktøyer i planleggingen.
- Avdekke kunnskapsnivået innenfor Solibri og se på forbedringstiltak.
- Avdekke om nye programvarer kan gi Sortland Entreprenør bedre gevinst.

1.3 Avgrensninger

I denne rapporten er det på grunn av tidsbegrensninger valgt å se på et avgrenset område i prosjektgjennomføringen. I all hovedsak vil oppgaven fokusere på programvarene Solibri Model Checker, Synchro Professional og StreamBIM by Rendra. Det vil bli sett på hvordan Sortland Entreprenør benytter seg av Solibri Model Checker i prosjektering, planlegging og produksjon, slik at kunnskapsnivået kan bli avdekket. Videre vil Synchro Professional og StreamBIM by Rendra bli testet i allerede eksisterende prosjekter, for å sjekke fordeler programmene gir innen kvalitet, fremdrift/tid og økonomi. I tillegg vil det kort bli evaluert hvordan MS Project fungerer i bedriften.

1.4 Oppbygging

Det er valgt å dele rapporten inn i følgende deler:

Del I: Introduksjon og metode – kapittel 1 gir en innledende tekst om oppgaven og kapittel 2 beskriver og analyserer benyttet metode.

Del II: Teori – presenterer teori i tilknytning til strategi for å oppnå suksess (kapittel 3), prosjekteringsprosessen (kapittel 4), fremdriftsplanlegging (kapittel 5), digitalt veikart for BEA-næringen (kapittel 6) og bygningsinformasjonsmodellering (kapittel 7).

Del III: Sortland Entreprenør, Solibri og test av nye programvarer – kapittel 8 presenterer Sortland Entreprenør og den teoretiske og praktiske planleggingsprosessen i bedriften, kapittel 9 avdekker kunnskapsnivået Sortland Entreprenør har i programvaren Solibri Model Checker og i kapittel 10 blir Synchro Professional og StreamBIM by Rendra beskrevet.

Del IV: Diskusjon og konklusjon – er den avsluttende delen og drøfter funnene i rapporten, konkluderer og fremmer forslag til videre arbeid.

2 Metode

Metoder som blir benyttet i denne masteroppgaven, samt hvorfor og hvordan metodene brukes, blir beskrevet i kommende kapitler. Den vitenskapelige metoden er en systematisk fremgangsmåte for å tilegne seg kunnskap og ved utarbeidelse av en forskningsrapport er valg av metode viktig. Årsaken til dette er at resultatene bør være mulig å etterprøve og kvaliteten på arbeidet som er utført bør kunne vurderes. [9]

«En bevissthet rundt metodespørsmål gir kvalitetssikring av eget arbeid». [9]

2.1 Forskningsmetoder

Dalland (2017) beskriver en metode som følgende;

«En metode er en fremgangsmåte, et middel til å løse problemer og komme frem til ny kunnskap. Et hvilket som helst middel som tjener dette formålet, hører med i arsenalet av metoder».

Det er to metoder for å innhente informasjon; kvalitativ metode og kvantitativ metode, og hovedforskjellen mellom de to hovedretningene er måten informasjonen hentes inn på [10].

Kvantitativ metode gir data i form av målbare enheter som kan tallfestes. Forskere som benytter denne metoden kalles «tellere» og innhenter data gjennom spørreundersøkelser og eksperimenter. Formålet med kvantitativ analyse er gjerne å teste en hypotese, det vil si å finne ut om en antakelse om virkeligheten stemmer overens med data man har. Når det blir lagt tilstrekkelig vekt på presisjon ved bruk av denne metoden er det ofte høy grad av etterprøvbarehet. Samtidig er det mulig å ha mange undersøkelsesenheter ved standardisering av den innsamlede informasjonen. Målene for denne forskningsmetoden vil med dette være generalisering og samsvar mellom variabler. [10]

De kvalitative metodene tar sikte på å fange opp meninger, opplevelser og egenskaper som ikke er målbare eller tallfestbare. Slik data er foretrukket i form av tekst og har ofte et bredere informasjonsinnfang. Forskere som benytter denne metoden kalles «tolkere» og de innhenter data gjennom feltobservasjoner og samtaleintervjuer. Dette kalles ustrukturerte observasjoner, der intervjuer er preget av fleksibilitet uten faste svaralternativer og går i dybden og innhenter mange opplysninger om få enheter. Data som samles inn skal gi en helhetsforståelse, noe som utfordrer etterprøvbareheten av resultatene. [10]

Begge metodene har sine sterke og svake sider, og det kan være en fordel å kombinere metodene slik at man drar nytte av sterke sider og eliminerer svake sider [9].

2.2 Induktiv og deduktiv tilnærming

Induktiv og deduktiv tilnærming handler om hvilken metodetilnærming som er benyttet i oppgaven. I praksis er det ikke et skarpt skille mellom induktiv og deduktiv tilnærming, og A.K. Larssen (2007) mener det derfor er vanlig å veksle mellom metodetilnærmingene gjennom forskningsprosessen.

Ved induktiv tilnærming er det en åpen problemstilling hvor det ikke er et ønske om å prøve ut teorier gjennom hypotesetesting. På lik linje med kvalitative metoder er formålet å få en helhetsforståelse for temaet. Dette gjør oppgaven mer fleksibel og man blir ikke låst til en metode på forhånd [11]. Denne tilnærmingen kan benyttes som utgangspunkt når man arbeider innenfor et lite utforsket felt og man ikke har en problemstilling som skal underbygges [12]. Deduktiv tilnærming tar utgangspunkt i en

forankret problemstilling, med et mål om å underbygge teorier eller etablere teoribasert kunnskap og benyttes oftest i sammenheng med kvantitative metoder [11].

2.3 Metoder for datainnsamling

For å kunne gjennomføre alle typer forskning er det nødvendig med innhenting av informasjon. Ved innsamlinger av data kan det som nevnt benyttes kvalitativ metode eller kvantitativ metode. De mest brukte metodene er beskrevet i Tabell 1.

Tabell 1: Metoder for datainnsamling [9].

Metoder	Beskrivelse
Dokumentgjennomgang	Er en forberedende aktivitet for å finne ut mer om temaet
Bruk av eksisterende data	Søk og evaluering av data/informasjon fra systemer, rapporter og lignende
Intervju med nøkkelpersoner	Intervju personer som har kunnskap om og/eller arbeider med aktuelt tema
Deltakende observasjon	Forskeren utfører oppgave i det miljøet den studerer i og analyserer sin egen organisasjon
Direkte observasjon/måling	Måling av data ved hjelp av instrumenter eller direkte observasjon
Spørreundersøkelser	Et antall spørsmål settes opp og sendes til uvalgte personer
Casestudier	Er en dyptgående studie av prosjekter eller eksempler med formål om å gi innsikt og forståelse

Olsson (2011) gir flere anbefalinger knyttet til metodene; Dokumentgjennomgang er anbefalt som en forberedende aktivitet, selv om det også skal benyttes andre former for informasjonsinnhenting. Ved bruk av eksisterende data er det viktig å notere hvordan data er produsert, hva de brukes til og kjente styrker og svakheter. Ved intervju anbefales det å lage en intervjuguide som beskriver spørsmålene som vil bli gjennomgått, samt gi informasjon om oppgaven og hvordan opplysningene vil bli behandlet. En intervjuguide er en liste med spørsmål eller stikkord som brukes som en veiledning under intervjuet og har til hensikt å kunne veilede samtalen [11]. På denne måten åpnes det for et mer åpent og informativt intervju. Ved deltakende observasjon er det viktig å skille mellom rollen som medarbeider og rollen som forsker, og dette krever en distansert nærhet for å oppnå refleksjon rundt observasjonene. Ved spørreundersøkelser vil det være viktig med tydelige spørsmål slik at det ikke oppstår misforståelser, og casestudier skal ikke være representative eller generaliserbare [9].

2.4 Valg av metode

Når man skal gjennomføre en undersøkelse, må det tenkes gjennom hva som er hensikten med undersøkelsen og velge metode deretter [10]. I denne masteroppgaven er hensikten med å søke ny kunnskap og nye erfaringer, som kan gi en helhetsforståelse for et mindre utforsket fagfelt. Basert på dette er det valgt å benytte kvalitativ metode med induktiv tilnærming. Videre er det valgt en triangulering av følgende metoder for datainnsamling:

1. Litteraturstudie
2. Intervju med nøkkelpersoner
3. Deltakende observatør på byggeplass

Ved å kombinere ulike metoder eller ulike data fra forskjellige kilder kan man avdekke skjevheter, ufullstendigheter eller direkte feil, samt øke troverdigheten og validiteten til oppgaven. For å kompensere for svakhetene i de valgte metodene, er det valgt en triangulering [9]. Dette vil gi den mest optimale helhetsforståelsen, samt gi best besvarelse av oppgaven.

2.4.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie er en systematisk gjennomgang av litteratur rundt et tema. Målet med dette er å danne det teoretiske grunnlaget for oppgaven, samt være en veiledende funksjon for det arbeidet som skal utføres.

Litteraturstudiet for denne masteroppgaven har blitt utført i to omganger; en for BIM og en for planlegging, hvor litteraturen ble funnet ved hjelp av flere ulike søkemetoder for å sikre et bredt utvalg. Det første litteraturstudiet begynte med et bredt søk for å finne informasjon som omhandlet digitaliseringen byggebransjen nå står ovenfor. Søket ble deretter innsnevret, først med å søke på litteratur om BIM og digitalt veikart, for så å søke etter litteratur om 4D-BIM, papirløs byggeplass og utvidet virkelighet. Det ble også lagt stor vekt på programvarene StreamBIM by Rendra og Synchro Professional, siden disse programmene er en vesentlig del av oppgaven. Teorien som ble funnet er blitt brukt som basis for teorikapittelet og for diskusjon av testresultater. Det bør merkes at BIM og digitalisering er preget av et internett-blogg fenomen. Det andre søket ble utført med utgangspunkt i å finne litteratur som omhandlet tradisjonell fremdriftsplanlegging og strategi i bedrifter, samt fremdriftsplanlegging i Sortland Entreprenør.

Det ble hentet informasjon fra lærebøker, tidsskrifter, BIM-utviklere, eldre masteroppgaver, BIM-aktører og internettsøk. De eksisterende dataene ble i all hovedsak hentet fra Oria, BIBSYS og Google. Artikler og rapporter uten online-tilgang ble bestilt gjennom Universitetsbiblioteket. Videre er hele litteraturstudiet med på å danne grunnlaget for intervjuguiden og test av programvarer i bedriften.

2.4.2 Intervju med nøkkelpersoner

Totalt ble det gjennomført intervjuer med syv representanter fra bedriften hvorav tre var formenn, tre var prosjektledere og en var daglig leder. Intervjuobjektene ble strategisk valgt ut av veileder avhengig av deres faglige bakgrunn og kompetansenivå innen programvarer. Felles for alle var at de hadde erfaring innen fremdriftsplanlegging og prosjektstyring. Kompetansespekteret hos personalet ble kartlagt, der formenn hadde lang erfaring innen fremdriftsplanlegging og prosjektstyring, men lavt kompetansenivå innen programvarer, mens prosjektlederne var nyutdannede med nye impulser innenfor digitalisering. Daglig leder (tidligere prosjektleder) har selv utdanning innenfor BIM og er ledende innenfor fagfeltet i bedriften.

Hensikten med intervjuene var å innhente kvalitativ informasjon om fremdriftsplanlegging og hvordan Sortland Entreprenør benytter Solibri Model Checker i bedriften i dag, dette for å avdekke kompetansenivået og kartlegge om organisasjonen er klar for et digitalt skifte. Intervjuene ble utført som en samtale med intervjuguide som utgangspunkt, som er vedlagt i vedlegg 1. For å få størst mulig utbytte av hvert intervju ble intervjuguiden sendt til intervjuobjektene noen dager i forveien, slik at de hadde mulighet til å forberede seg. Med samtykke fra intervjuobjektene ble det benyttet lydopptak under intervjuene, som i ettertid ble transkribert med intervjuet friskt i minnet.

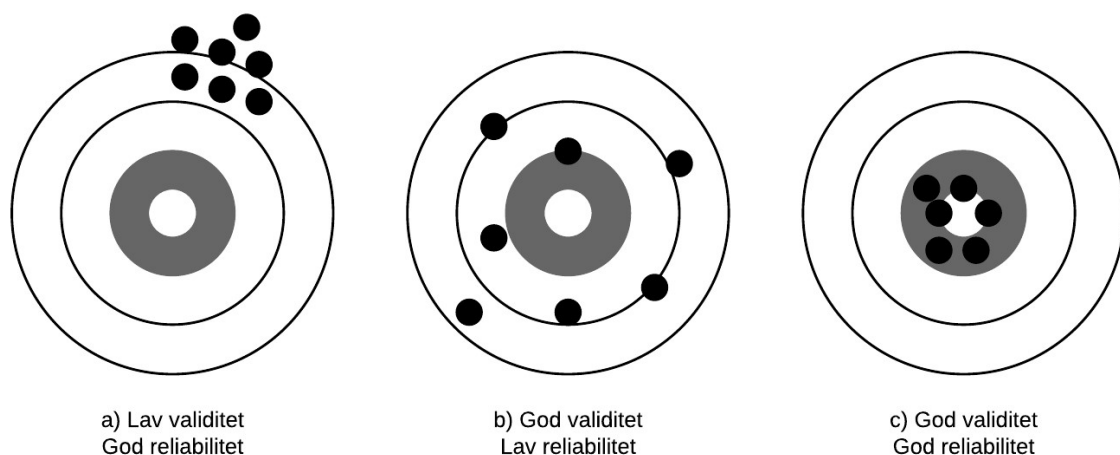
I tillegg til intervjuer har det vært nødvendig med jevnlig samtaler, korrespondanser og møter med veileder fra Sortland Entreprenør. Dette for å avklare omfanget til oppgaven, generell veiledning og veiledning i bruk av de ulike programvarene som har blitt benyttet. Selv om dette ikke har ledet til håndfaste bidrag til oppgaven, har det vært til nytte og vært en avgjørende del for gjennomføring av oppgaven.

2.4.3 Feltstudie og test av programvarer

Feltstudiet som ble gjennomført i denne oppgaven gikk ut på å delta på fremdriftsmøter og prosjektmøter, for å kartlegge hvordan digitale verktøy i bedriften fungerer i dag og hvilke behov de ulike aktørene har. Det ble undersøkt om bruk av digitale verktøyer kan videreutvikles og om andre programvarer som StreamBIM by Rendra eller 4D-BIM ved hjelp av Synchro Professional kan gi bedre muligheter og løsninger. Fokuset i denne masteroppgaven har vært å kartlegge problemområder og se hvilken nytte programmene kan gi.

2.5 Oppgavens kvalitet

Kvaliteten til en oppgave avhenger av kvaliteten til informasjonen som blir innhentet og bruken av den. Det vil derfor være viktig å gjennomføre en kvalitetskontroll med tanke på validitet og reliabilitet. Validitet handler om relevans eller gyldighet, det vil si at det skal samles inn data som er relevant i forhold til problemstillingen [11]. Reliabilitet viser til nøyaktighet eller pålitelighet, som legger vekt på at målinger er utført korrekt og at eventuelle feilmarginer er angitt [10]. God reliabilitet innebærer også at informasjonen er etterprøvable [11]. Figur 2 viser eksempler på sammenhengen mellom validitet og reliabilitet.



Figur 2: Sammenheng mellom validitet og reliabilitet

I denne oppgaven er det valgt å bruke kvalitativ metode og induktiv tilnærming. I følge A.K. Larsen (2017) kan det være enklere å sikre god validitet med kvalitative metoder enn med kvantitative metoder, siden kvalitativ metode kan bidra til en mer fleksibel prosess. God reliabilitet er ikke like enkelt å oppnå,

som kan skyldes at informasjon og resultater blir i større grad tolket enn ved kvantitativ metode. Ved å behandle og holde orden på informasjonen på en nøyaktig måte kan man likevel sikre god reliabilitet. For å styrke validiteten og reliabiliteten bør man kombinere flere ulike metoder for datainnsamling, slik det er gjort i denne oppgaven.

2.5.1 Validitet og reliabilitet

Validiteten til litteraturstudiet henger sammen med hvor gyldig eller relevant den innhentede informasjonen er i forhold til problemstillingen. Validiteten og påliteligheten til den valgte litteraturen vurderes som god siden den blir hentet fra pålitelige kilder og databaser som er godkjente av Universitetsbiblioteket. Men siden BIM-miljøet er preget av et bloggfenomen, er det en mulighet for at relevant og nyere litteratur kan ha blitt oversett. For å sikre at dette ikke forekommer er det blitt gjennomført generelle søk, som igjen kan forårsake lavere pålitelighet.

Som beskrevet innledende kan det være enklere å sikre høy validitet ved kvalitative undersøkelser. Under intervjuene hendte det at spørsmålene ble tilpasset ettersom intervjuobjektene kom inn på andre viktige tema innenfor fremdriftsplanlegging og BIM. For å bidra til valid informasjon, ble intervjuobjektene valgt av veileder og intervjuguide kontrollert og godkjent av veileder for å sikre relevante spørsmål. Fremdriftsplanleggingen er godt innkjørt i bedriften og er en ukjent rutine, mens BIM ennå er i innkjøringsfasen hvor noen prosesser fortsatt er ukjente. På bakgrunn av dette antas reliabiliteten til spørsmålene om fremdriftsplanlegging som gode, mens de i tilknytning til BIM som lav. Dette skyldes at intervjuobjektene kan tilegne seg nye erfaringer om BIM som igjen kan gi nye svar.

Videre ble det fokusert på nøyaktighet under intervjuene og ved transkriberingen for å øke reliabiliteten. Reliabiliteten til intervjuene er avhengige av at man får samme resultat ved en eventuell etterprøving [11]. Intervjuobjektene hadde ulike stillinger i samme bedrift, og var plassert på ulike prosjekter. På flere av spørsmålene som ble stilt til intervjuobjektene, svarte flere det samme, noe som tyder på at reliabiliteten er god. Intervjuene ble gjennomført parvis, noe som kan svekke reliabiliteten. Under et intervju er det også fullt mulig at intervjuobjektene ble påvirket av situasjonen, og av den som intervjuer, til å svare noe annet enn hva de kanskje ville ha gjort i en annen sammenheng [11].

I feltstudiet er det lav validitet av måledata, noe som skyldes at det kun ble testet en modell i et prosjekt, som fører til at kvaliteten spiller inn på resultatet. Validiteten ville økt hvis det ble brukt flere modeller i flere prosjekter. Videre har det vært begrenset med tid og ressurser for utførelse av oppgaven, som kan medføre at det ikke ble tilegnet nok kunnskap om programvarene som ble benyttet. Prosjektet som ble utført er heller ikke tiltenkt å være et 4D prosjekt, noe som kan lede til at fremdriftsplan og BIM-modell ikke er utarbeidet detaljert nok og at det som ligger til grunnen ikke passer med det arbeidet som skal utføres. Det er ingen tiltak som kan gjøres mot dette, noe som gjør det viktig å fange opp hvilke aspekter som må bli forbedret under et 4D-prosjekt.

2.6 Feilkilder

De mest relevante feilkildene som er aktuelle for litteraturstudiet, intervjuene og feltstudiet er presentert for å enklere kunne håndtere dem videre i arbeidet.

Litteraturstudiet

Feilkilder i litteraturstudiet kan ha en sammenheng med søket. Det ble benyttet flere søkemotorer og mange ulike søkeord, da også i flere kombinasjoner. Det er likevel ingen garanti for at det er de beste søkeordene som er brukt og at de beste kildene er funnet. Det har i tillegg vært et tidsbegrensende prosjekt med liten tid til å lese store mengder litteratur, som igjen kan føre til at potensialet til gode kilder ikke har blitt utnyttet fullt ut.

Intervju

Det kan oppstå mange feilkilder ved et intervju. For eksempel har rekkefølgen på spørsmålene noe å si, og hvis svaret til intervjuobjektet blir påvirket av et annet spørsmål stilt tidligere, er dette en feilkilde [10]. I tillegg kan formuleringen av spørsmålene ha påvirket svarene til intervjuobjektene, og bruk av ledende spørsmål er også en mulig feilkilde i dette tilfellet. Videre ble det kun valgt ut syv intervjuobjekter. Dette kan ha vært for begrenset, og svarene er derfor muligens ikke representative nok for bransjen. Flere intervjuobjekter kunne gitt et bredere grunnlag av informasjon.

Feltstudie

Informasjonen som er beskrevet om bedriften er hentet fra KS-systemet. Dette er ikke oppdatert og kan derfor være en feilkilde. I tillegg har det kun blitt gitt en overfladisk innføring i programvarene, og informasjonen som er blitt beskrevet er basert på online-kurs som er tilgjengelige på Synchrono Professional og StreamBIM by Rendra sine hjemmesider, samt egne erfaringer gjennom prøving og feiling. Det har ikke vært noen til å bistå med hjelp og opplæring, i tillegg til at det har vært et begrenset tidsrom til å teste programvarene og tilegne seg praktisk kunnskap. Derfor er det i denne masteroppgaven ikke gått i dybden av programvarene, men heller sett på den praktiske bruken og hvilke effekter dette kan gi bedriften. Dette kan ha resultert i feilaktig fremstilling av løsninger, funksjoner, beskrivelser og fremgangsmåter.

Del II

Teori

Oppgavens problemstilling er «*Hvordan kan bruk av digitale verktøyer effektivisere produksjonen på byggeplass for en mellomstor bedrift?*». For å besvare denne problemstillingen, består det teoretiske rammeverket av områder som det *bør* fokuseres på ved en digitaliseringsprosess i en bedrift i forbindelse med de endringene bransjen nå står ovenfor.

3 Strategi for å oppnå suksess

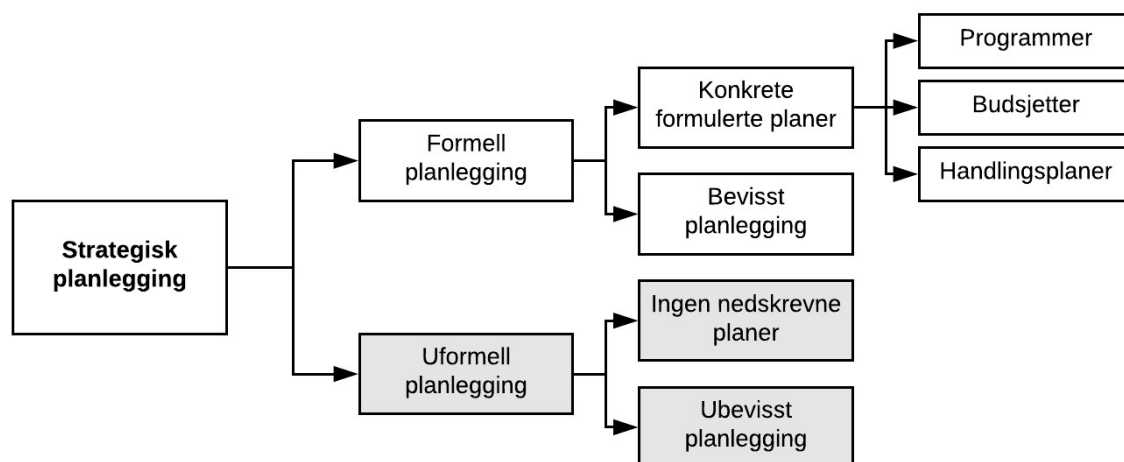
En strategi er en leders plan eller angrepsmåte for å nå et klart mål, den handler mer om hva som skal gjøres enn om hvordan noe skal gjøres. For å oppnå suksess er det viktig at en virksomhet har et klart mål for fremtiden og en felles avtalt strategi for hvordan målet skal nås, der alle er samordnet til en felles innsats. En virksomhet er avhengig av langsiktige planer som bygger på pålitelige data om trender i markedet og selskapets rammebetingelser, og arbeidet legges ned i å analysere konkurransen og muligheter i markedet og i organisasjonen er avgjørende. [13]

Verden endrer seg i et økende tempo og for at virksomheten skal være i stand til å tilpasse seg de stadig skiftende omgivelsene, må planene være fleksible. Konsekvensene av å treffe feilaktige beslutninger kan være enorme, og for å unngå dette er det nødvendig med strategisk planlegging og strategisk ledelse.

3.1 Strategisk planlegging og strategisk ledelse

Strategisk ledelse går ut på å tenke helhetlig og langsiktig for å avgjøre hvilke forretningsmål og forretningsstrategi virksomheten bør velge for fremtiden. Som en del av strategisk ledelse inngår strategisk planlegging, som tar for seg formalisering og operasjonalisering av strategiske beslutninger som samles i en helhetlig forretningsplan. Strategisk planlegging skal legge grunnlaget for å ta avgjørelser angående hva virksomheten er, hva den gjør, hvorfor den gjør det, og hvem den gjør det for. [14]

Strategisk planlegging skiller mellom formell planlegging og uformell planlegging, som illustrert i figuren nedenfor.

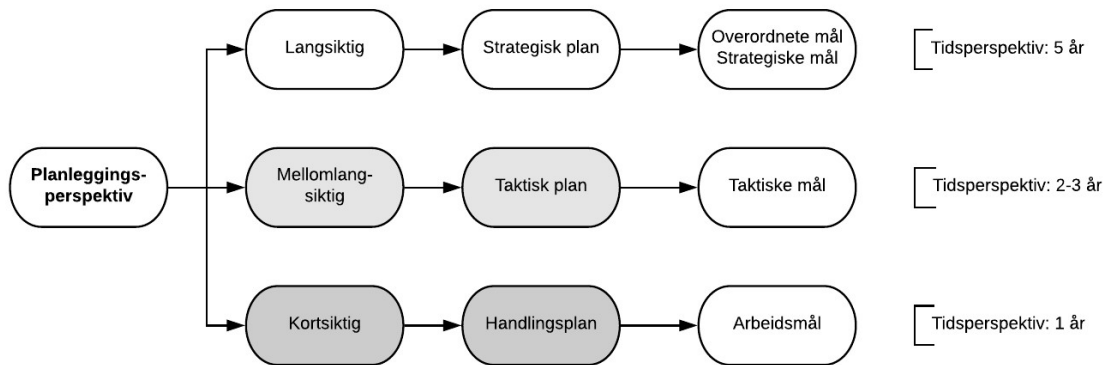


Figur 3: Strategisk planlegging deles inn i formell planlegging og uformell planlegging.

Det er viktig å huske på at strategisk planlegging tilpasset for store bedrifter, ikke nødvendigvis passer i små bedrifter. Store bedrifter benytter oftest bevisst planlegging med konkrete planer og tilhørende programmer, budsjetter og handlingsplaner, hvor formelle avgjørelser skal gjennom flere ledd i en hierarkisk struktur. I mindre bedrifter er strategisk planlegging ofte mer uformell og uregelmessig, og formuleres ikke skriftlig noen steder. Dette skyldes gjerne at større virksomheter har bredere

kompetanse, og at mindre virksomheter har mangel på ressurser som kapital, mennesker og tid. Dette er forskjeller som kan påvirke avgjørelser og potensialet for suksess og bedre prestasjoner. [14]

Strategisk planlegging kan deles inn i tre tidsperspektiver: Langsiktig, mellomlangsigtig og kortsiktig planlegging, og til hvert tidsperspektiv utvikler normalt virksomheten en plan som tar for seg målene og strategiene for denne tidsperioden, som vist i illustrasjonen under.



Figur 4: Ulike planleggingsperspektiv.

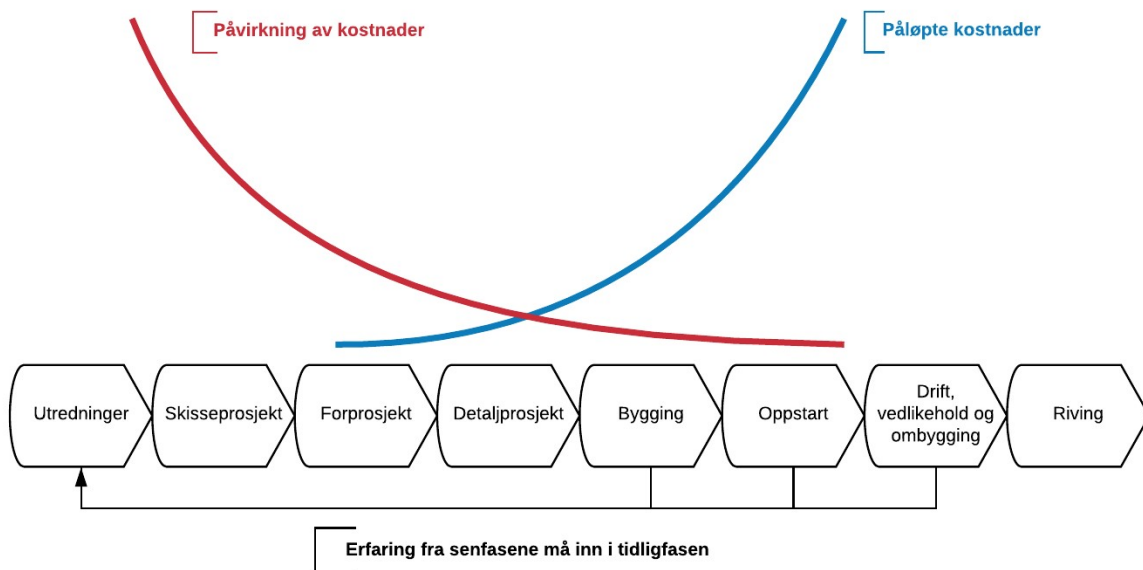
En handlingsplan er en operativ plan som fokuserer på det kommende året. Den inneholder kortsiktige mål, aktivitetenes virkemidler og koordineringer, samt budsjettoversikt, tidsplaner og fordeling av ansvarsoppgaver. En taktisk plan gir detaljert oversikt over kortsiktige mål og tiltak og fokuserer på de kommende 2-3 årene. Både handlingsplan og taktisk plan underbygger den strategiske planen. Den strategiske planen kartlegger bedriftens langsiktige endringer og fokuserer på de kommende 5 årene. Den må være fleksibel og utvikle seg i takt med markedet, slik at den er konkurransedyktig. [13]

Ute på bygge- og anleggsplass foregår mye planlegging i den operative fasen. Det er mange arbeidslag som arbeider i ulike tidsrammer, noe som krever god koordinering. I operativ planlegging er det derfor nødvendig med en god fremdriftsplan for å unngå sløsing av tid, penger og ressurser. En klassisk feil er at prosjektplanleggingen ofte blir forskjøvet.

4 Prosjekteringsprosessen

For å få et vellykket prosjekt er ledelse og planlegging av prosjektering viktig. Ansvar, plassering og rollens innhold varierer og er avhengig av oppdragsgivers modell for organisering av prosjektet og egenkompetanse. Den teknologiske utviklingen er nå med på å endre både måten de prosjekterende arbeider på og prosjekterings faser og innhold. [15]

Størst påvirkningsmulighet på kostnader i prosjektet er under planlegging og prosjektering, og for å oppnå god innovasjon og produktivitet er prosjektet avhengig av et godt samspill mellom oppdragsgiver, arkitekt, rådgiver og entreprenør. [15]



Figur 5: Påvirkning av kostnader er størst under prosjektering [15].

Tidligere har prosjektering vært preget av en lineær og sekvensiell forståelse av prosessen. Det har vært vanlig at prosjekteringsarbeidet har vært delt i ulike fagdomener der de ansvarlige (ARK, RIB, RIV etc.) har hatt oversikt over helheten og selv utført nødvendig koordinering i forhold til andre fag. Fagene har løst sine oppgaver isolert og kun involvert kompetanse etter behov. [15]

Prosjekteringsprosessen er nå i ferd med å endre seg. Ved hjelp av den teknologiske utviklingen i byggebransjen kan de gamle arbeidsmåtene erstattes av en tverrfaglig prosjektering der ulike faglige modeller og bidrag samles i en felles modell, hvor de koordineres som objekter. Dette skaper en tverrfaglig og helhetlig forståelse av prosessen, der graden av ferdigstilling av de enkelte objekter har betydning for andre fags arbeid. Denne måten å arbeide på gjenfinnes i BIM basert prosjektering og i IDP modeller (Integrated Design Process). I BIM-baserte prosjekteringsprosesser er det viktig at det alltid er ledelse og koordinering av prosjektering. [15]

Tverrfaglige og helhetlige modeller karakteriseres ved at avgjørende beslutninger i utviklingen av prosjekter er tydeligere, mer kommuniserbare og fattes på tidligere tidspunkter enn det har vært tradisjon for. Integreert bruk av informasjonsteknologi i prosjektering kan systematiseres ved hjelp av en såkalt Bygnings - Informasjons - Modeller (BIM) som kan koble informasjon til ulike objekter i tegninger. Dette er nærmere forklart i kapittel 7.

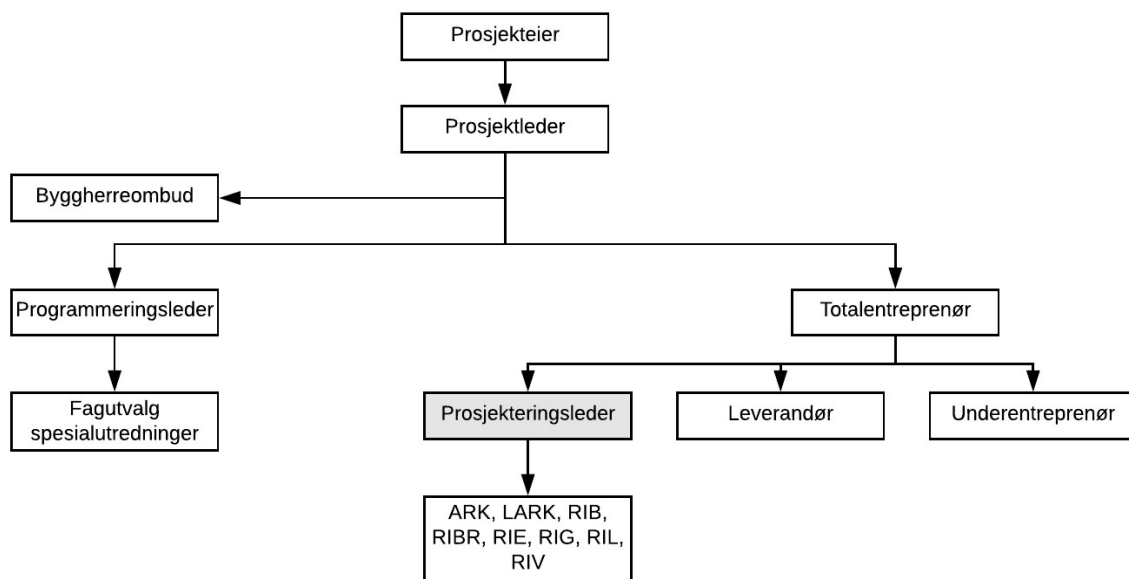
4.1 Felles IKT-plattform

I prosjekteringsplanleggingen må det planlegges og kartlegges hvilke aktuelle programmer de ulike faggruppene skal benytte seg av i et prosjekt. Det vil da være spesielt viktig med et program med evne til å kommunisere med hverandre. Det bør også vurderes å ta i bruk en felles, enkel grafisk profil og maler for daglig kommunikasjon og mulighet for utarbeiding av notater og dokumenter.

Ved bruk av BIM og intelligente 3D modeller (IFC) kan man koble til ulike programmer for å sjekke for eksempel lover, forskrifter, energibruk og sporing av feil, samt ulike mengde- og kostnadsberegninger. Dette vil påvirke ansvarsforholdet og ansvarsfordelingen mellom de prosjekterende, og det må derfor avklares på et tidlig stadium hvilken type informasjon som skal høstes fra programmene som benyttes. Modellen kan brukes til mengdeuttak og beskrivelser, energiregnskap eller kontroll mot lover og forskrifter. Også arbeidsfordelingen mellom fagene vil påvirkes. Det må blant annet avklares hvem som har rett til å bearbeide hva i modellen og til hvilket tidspunkt, hva prosedyrene blir ved endring, hvordan ulike objekter skal defineres og avgrenses, hvem skal overvåke utviklingen av modellen og hvordan partene kan være klar over modellens modenhet. [15]

4.2 Prosjektorganisasjon

Ved anbud der byggherre velger totalentreprise overtar totalentreprenør prosjektlederfunksjonen når kontrakten er inngått. Det betyr at entreprenøren har alt ansvar for prosjektering. [15]

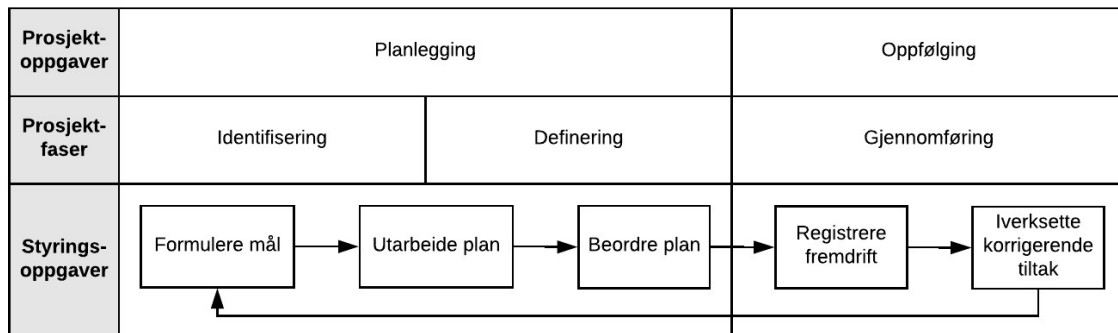


Figur 6: Prosjektorganisasjon totalentreprenør

Ved totalentreprise er det totalentreprenøren som inngår kontrakt med de prosjekterende om detaljprosjektering. Det er da tre alternativer, enten tiltransporteres arkitekter og rådgivere totalentreprisekontrakten, eller bare arkitekter, eller så velger totalentreprenør sine egne arkitekter og rådgivere. [15]

4.3 Prosjektstyring

Prosjektstyring innebærer to styringsoppgaver; planlegging og oppfølging. Planlegging innebærer å utarbeide en plan for hvordan prosjektet gjennomføres, omfanget av arbeidsoppgavene, den tid som skal benyttes og de kostnader som kan forventes å påløpe. Oppfølging innebærer å sikre at planenes mål oppnås. Dette betyr å registrere fremdrift, analysere eventuelle avvik og iverksette nødvendige korrigerende tiltak. [16]



Figur 7: Prosjektstyringssløyfe inndelt i prosjektoppgaver, prosjektfaser og styringsoppgaver [16].

Planlegging kan igjen deles opp i fem nye oppgaver; formulere mål, utarbeide plan, beordre plan, registrere fremdrift og iverksette korrigerende tiltak. I prosjektets to første faser utføres planleggingsoppgavene, med hovedtyngde i defineringsfasen. I gjennomføringsfasen kommer oppfølgingsoppgavene. [16]

I praksis er planlegging en repeterende prosess, der planene revideres på grunnlag av oppfølgingsdata. Det er vanlig at planlegging er en prosess som gradvis gir mer detaljerte planer. Ofte utarbeides det grove planer i starten, som blir mer detaljerte planer etter hvert som det tilegnes ny kunnskap om ytre forhold, teknisk design, mulige leverandører osv. [16]

5 Fremdriftsplanlegging

Helt siden første prosjekt ble gjennomført har prosesser for planlegging og styring vært i utvikling. En prosess kan bestå av alt fra relativt avanserte grafiske metoder til enkle notater, stolpediagrammer og grunnleggende reaktive teknikker. Det er først i løpet av de siste femti årene at kvantitative metoder for prosjektanalyse og planlegging har blitt dokumentert og utviklet [17]. På 1950- og 1960-tallet ble det dannet tre grunnpilarer, som betraktes som uavhengige av hvilke planleggingsmetoder som blir brukt [16]:

- Nettverkplanlegging
- Prosjektnedbryting (WBS)
- Fremdriftsplan ved hjelp av inntjent verdi

Nettverksplanlegging

Nettverksplanlegging anvendes for tidsplanlegging av aktiviteter og deres rekkefølgeavhengigheter. En nettverksplan opprettes gjennom å identifisere aktiviteter, tildele ressurser, anslå aktiviteters varighet og koble avhengighetene mellom aktivitetene. Det er da mulig å kalkulere tidlig og sen start, tider for ferdigstillelse osv. En av hensiktene er å kunne kalkulere hvor lang tid en prosjektgjennomføring vil ta, og hvilke aktiviteter som særlig påvirker tidsbruken, det vil si som ligger på kritisk vei. Kritisk vei er den sekvensen av aktiviteter som vil forsinke hele prosjektet hvis det oppstår forsinkelse i en aktivitet på den kritiske linjen, dersom det ikke innføres avbøtende tiltak. [18]

Prosjektnedbryting (WBS)

Prosjektnedbryting omfatter oppdeling eller nedbryting av prosjekter i elementer, komponenter, tjenester og lignende på en logisk og systematisk måte i flere nivåer med en økende detaljeringsgrad. Alle aktiviteter som må gjennomføres for å få ferdigstilt bygget kartlegges og identifiseres.

Planlegging av prosjekter

Ved planlegging er det viktig med en forståelse for kulturen og metodikken i industrien som organiserer og utfører arbeidet, samt virkningen av de forskjellige innkjøpsstrategiene. Start, varighet og ferdigstillestidspunkt for et prosjekt blir fastsatt gjennom planlegging. Det må da bestemmes hvilke aktiviteter som inngår, hvilken rekkefølge de må utføres i og hvilken varighet de har. I tillegg må det bestemmes hva, hvordan, hvor, av hvem og når noe skal skje. Nærmere bestemt må det fastsettes et tidspunkt for når hver enkelt aktivitet skal starte og slutte [20].

Prosjektledelse og fremdriftsplanlegging enkelt beskrevet: «.. første steg, hva som må gjøres; andre, hvem skal gjøre det; tredje, når skal handlinger utføres; fjerde, hva koster prosjektet totalt, hvor mye er brukt til nå og hvor mye gjenstår ...»

Planlegging av når, hvor og hvordan aktivitetene skal utføres kan ha stor påvirkning på kostnadene og ressursbruk [21]. Varigheten til aktivitetene vil avhenge av blant annet bemanning og tilgjengelig utstyr. Uten planlegging kan det være vanskelig å se for seg en vellykket avslutning av prosjekter eller effektiv styring av tid, penger og ressurser. God planlegging kan gi kortere byggetid, redusert buffer og redusert leie av bemanning og utstyr. Totalt vil det bidra til å spare penger, og man unngår sløsing av tid og ressurser.

I et byggeprosjekt vil det være involvert flere ulike aktører og faggrupper som alle har ulike behov for informasjon om prosjektet og styring av det. Det er viktig at aktører blir oppmerksomme på sin rolle i

prosjektet, slik at de kan planlegge når, hvor og hvordan arbeidsoppgavene kan utføres. Det vil dermed være viktig med et tverrfaglig samarbeid og det utvikles derfor ofte en plan i forhold til hvilken faser prosjektet er i og hvem som skal utvikle den.

5.1 Tradisjonell fremdriftsplanlegging

På bygge- og anleggsplasser står tradisjonell prosjektplanlegging og -styring sterkt i dag. Tradisjonelle metoder egner seg best for byggeprosjekter med relativt stor grad av forutsigbarhet, og i mindre grad for komplekse og uforutsigbare prosjekter.

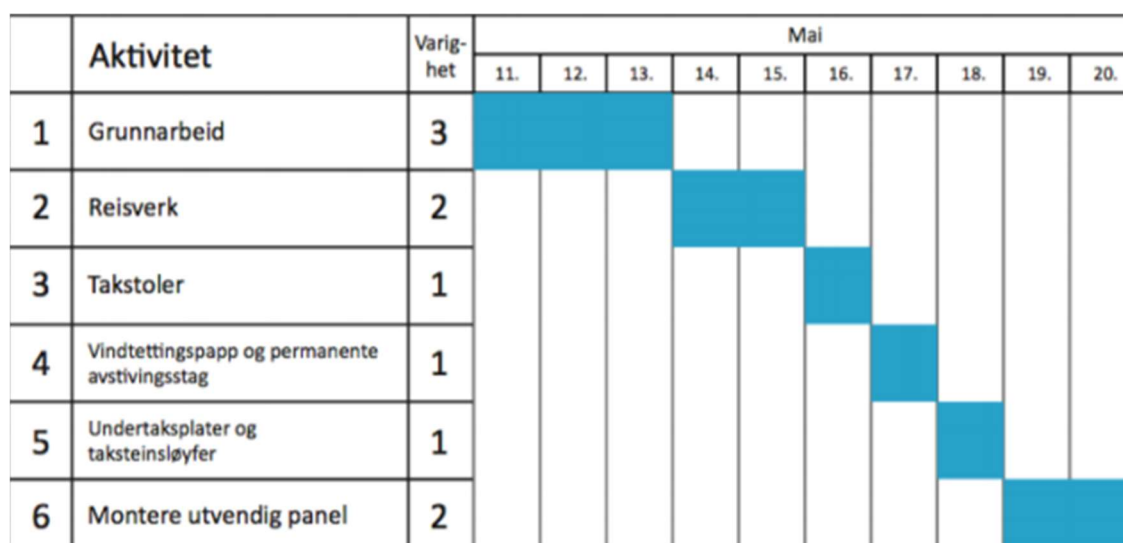
Ved planlegging av byggeprosjekter starter planleggingen allerede i programmeringsfasen, hvor det utarbeides én plan for prosjekteringsfasen og én grovere milepælsplan for selve utførelsen av prosjektet. Når prosjekteringsarbeidet starter dannes det en noe mer detaljert fremdriftsplan med store hovedtrekk. Etter at underentreprenører er kontrahert, har de 6 uker etter kontraktinngåelse (med mindre annet står spesifisert i kontraktsbestemmelsen) til å utarbeide en egen, detaljert produksjonsplan, slik at det på et senere tidspunkt kan utarbeides en detaljert hovedfremdriftsplan. Denne planen danner grunnlag for flere andre planer, som for eksempel riggplan, bestillingsplan, bemanningsplan og beslutningsplan.

5.1.1 Fremstilling av fremdriftsplaner

Den visuelle fremstillingen av fremdriftsplanene må i likhet med detaljnivået tilpasses til hvem du ønsker å formidle planen til. Selv om de fleste fremdriftsplanene i dag blir i dag tegnet ved hjelp av forskjellige dataprogrammer, kan planene fortsatt presenteres på ulike vis. Disse fremstillingene presenteres i kortform i dette kapittelet.

Gantt-diagrammer

I prosjektplanlegging kan Gantt-diagram defineres som en visuell fremstilling der aktiviteter (oppgaver, hendelser og milepæler) blir vist opp mot tiden. Vertikalt listes aktiviteter og innsatser fra ulike fag, og horisontalt viser skjemaet tidsaksen, slik Figur 8 viser. Hver aktivitet er representert av en bar, der posisjon og lengde representerer startdato, varighet og sluttdato for aktiviteten. Du har dermed god oversikt over hva ulike aktiviteter er, når de starter og slutter, hvor lenge de er planlagt å vare, hvilke aktiviteter som overlapper hverandre og start- og sluttdato for hele prosjektet [19]. Ulempen med denne fremstillingen er at den ikke viser avhengigheter mellom ulike aktiviteter, og uten avhengigheter blir det igjen vanskelig å kartlegge kritiske hendelser, som er nøkkelpunkter for utførelsen [20].



Figur 8: Eksempel på Gantt-diagram.

I dag blir Gantt-diagrammer mest brukt til å spore prosjektplaner. Det er derfor nyttig at diagrammet viser tilleggsinformasjon om prosjektets ulike oppgaver eller faser, som for eksempel hvordan aktiviteter relaterer seg til hverandre, hvordan hver aktivitet har utviklet seg, hvilke ressurser som brukes til hver oppgave osv. [19]

Nettverksplanlegging

Under begrepet «nettverksplanlegging» finner man to forskjellige alternativer: Kritisk vei-metoden (CPM) og Program Evaluation and Review Technique (PERT).

Enkelt forklart er CPM en matematisk beregning som identifiserer aktiviteter i en prosjektplan som vil forsinke prosjektets sluttdato om det oppstår forsinkelse i én eller flere av aktivitetene. Prosjektleder vil her ha hovedfokuset på at aktiviteter på kritisk linje ikke forsinkes, slik at ressursinstansen kan økes om nødvendig. En sentral del av resultatet fra en slik beregning er videre at det for aktiviteter som ikke ligger på kritisk vei eller linje, vil fremkomme slakk. Om slakken for en aktivitet overskrides, kommer aktiviteten på kritisk linje, gitt at andre aktiviteter går som planlagt og beregnet [18].

PERT skiller seg fra CPM ved å ta hensyn til usikkerhet i aktivitetenes varighetsanslag. Metoden gir et reelt, et optimistisk og et pessimistisk tidsestimat for hver aktivitet. Da PERT krever både grunnleggende forståelse av statistikk- og sannsynlighetsregning og spesialtilpasset programvare er metoden svært lite brukt i bygg- og anleggsbransjen.

5.2 Digitale verktøyer for fremdriftsplanlegging

Det er flere ulike programmer for å visualisere en fremdriftsplan på markedet, der noen er mer avanserte og dyrere enn andre. I hovedsak utfører alle programmene samme hovedoppgave, nemlig å bistå med utvikling og styring av tidsplaner. Derimot vil kvalitet, planleggingskapasitet og blanding av funksjoner og egenskaper variere for hvert program. Noen programmer er utformet for å håndtere svært store prosjekter og kan imøtekomme mange tusen aktiviteter innenfor ett nettverk, mens andre programmer har en lavere grense på antall aktiviteter og inneholder mindre grafikkfunksjoner, og egner seg best til mindre prosjekter [20].

Det er viktig å huske på at et dataprogram ikke gir noe mer enn den inputen programmet får, så hvis det er planlagt med mangelfull eller feil informasjon, blir planens kvalitet deretter [21].

Microsoft Project

Microsoft Project (MS Project) er foretrukket av mange byggefirmaer og er sannsynligvis det programmet er mest brukt i byggebransjen i dag. Dette kan skyldes at programmet er brukervennlig og har funksjoner og egenskaper som gjør det mulig å følge opp fremdriften, gjennomføre «what-if»-analyser for å evaluere ulike alternativer, samt lage ulike forhåndsdefinerte rapporter og fremstillinger av timeplan [20].

MS Project godtar maks 10 000 aktiviteter, et antall som få byggeprosjekter klarer å overskride [20]. Programmet håndterer kritisk vei-metoden [18], det kan finne årsaken til forsinkelser og markere alle aktiviteter som blir påvirket når de oppstår [20]. MS Project kan også benyttes uten relasjoner mellom aktivitetene og visualiseringen av planen er som Gantt-diagrammet. Om ønskelig kan planen vises som nettverksdiagram [18].

Primavera P6

Primavera har utviklet et nytt populært dataplanleggingsprogram for prosjektledelse som heter Primavera P6. Det er et fullservice-program med enda flere funksjoner og egenskaper enn MS Project, med en maksimal kapasitet på 100 000 aktiviteter på et enkelt prosjekt. I tillegg er det mulighet for å gruppere et ubegrenset antall prosjekter sammen, samt benytte ubegrenset med ressurser. Primavera P6 kan dermed brukes på nesten hvilket som helst prosjekt, men er spesielt utformet for å håndtere store, svært sofistikerte og flersidede prosjekter. Programmet tilbyr over 150 forhåndsdefinerte rapporter og relaterte grafiske representasjoner av timeplanen, og har konstantstrømdiagrammer som kan vise kostnader, inntekter og nettobeløp som en funksjon av tiden. Programmet er kostbart, som er den største ulempen for de fleste byggefirmaer [20].

Excel

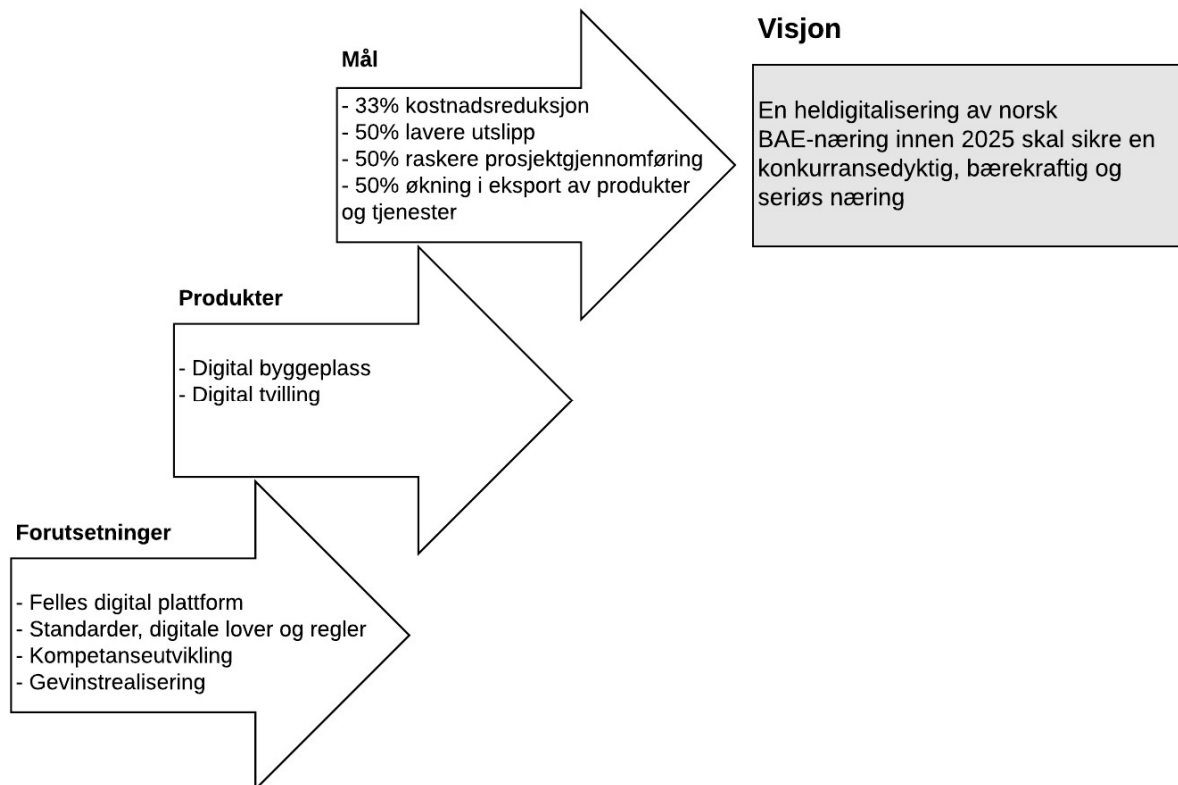
Selv om MS Project er et lett og forståelig verktøy, er det flere entreprenører som velger å benytte seg av Excel. Excel er et enkelt verktøy og egner seg best til detaljerte planer som ukeplaner og treukersplaner, der både fagarbeidere, bas og anleggsledere/formenn lett kan gå inn å gjøre endringer i planen. I tillegg er det mulig å legge inn ekstra opplysninger om for eksempel utstyr og materialer som trengs [14]. Excel følger ikke kritisk-vei metoden, og i store hovedfremdriftsplaner kan det dermed være problematisk å finne kritiske aktiviteter.

5.2.1 Nyere planleggingsmetoder

De fremgangsmetodene for å utarbeide planer som tidligere er presentert har vært benyttet i byggebransjen i mange år. Men siden byggebransjen de senere årene har opplevd hardere konkurranse og negativ produktivitetsutvikling, i tillegg til at verden digitaliseres, er det nye metoder som er utviklet videre. I byggebransjen er det flere aktører som har kommet langt på vei i bruk av digitale verktøyer, spesielt ved implementering av BIM (Bygningsinformasjonsmodellen) som er nærmere forklart i kapittel 7. Eksempelvis er norske bedrifter i en ledende posisjon i bruk av digitale modeller for prosjektsamarbeid. Digital teknologi og internettforbindelsene endrer måten bygg og infrastruktur blir planlagt, bygget og vedlikeholdt på. Avanserte dataprogrammer gir effekter som mer effektiv planlegging og bygging, og bedre vedlikehold av bygninger og infrastruktur.

6 Digitalt veikart for BAE-næringen

Siden verden i dag står ovenfor en rask og omveltende teknologisk utvikling og digitalisering påvirker alle næringer, er det utformet et digitalt veikart for BAE-næringen (bygg-, anlegg- og eiendomsnæringen) som sier noe om hvordan den bør digitaliseres. Et veikart sier noe om hvilken retning man skal bevege seg i for å nå et bestemt mål, og for at BAE-næringen skal få økt produktivitet og effektivitet, samt lavere klimagassutslipp, er det viktig at hele næringen digitaliseres sammen. Målet er ikke å digitalisere for digitaliseringens skyld, men for å oppnå en helhetlig forbedring av næringen. Det er derfor utarbeidet et digitalt veikart, som vist i Figur 9, med en visjon om at hele BAE-næringen skal være heldigitalisert innen 2025.



Figur 9: Hovedelementer i digitalt veikart [22].

Det blir beskrevet fire forutsetninger som må ligge til grunn for at norsk BAE-næring skal bli heldigitalisert:

- det må etableres en felles digital plattform med felleskomponenter for bygge- og anleggsprosjekter som muliggjør sømløs informasjonsflyt og informasjonsdeling
- det må sørges for at norske standarder og lover og regler blir tilrettelagt for digital samhandling
- det være fokus på økt kapasitet og kvalitet innenfor digital kompetanseutvikling i både bedrifter og forskning og utdanning
- det må realiseres gevinster ved å spre beste praksis om digitale arbeidsprosesser og forretningsmodeller, og måles effekt av dette.

Videre må næringen etablere en funksjonell digital arbeidsplass og en «digital tvilling» informasjonsmodell, som beskrevet i følgende kapitler. Dette legger grunnlaget for en digital prosjektgjennomførings- og forvaltningsmodell, som hjelper næringen til å nå ønskede mål og visjon.

6.1 Digital byggeprosess

Den digitale byggeprosessen starter på den «digitale byggeplassen» der alt planlegges og prosjekteres digitalt før det bygges. Alle nødvendige data må samles for å få optimale planprosesser og prosjektering før prosjektet fysisk skal bygges. Selv om nye digitale verktøyer er utviklet, holdes det fortsatt fast på den gamle byggeprosessen. Prosjektstyringen foregår delvis digitalt i dag, men i for stor grad ved hjelp av papirdokumenter. I tillegg er det slik at digitale systemer ikke alltid kommuniserer sammen med hverandre. På en «digital byggeplass» skal det være mulighet for å teste, simulere og analysere det som skal bygges og dets funksjoner før oppstart av bygging. Når alle data er tilgjengelig, vil kvaliteten på plan- og prosjekteringsmodellen være optimal. Dette reduserer risikoen i utførelsesfasen og vil øke sannsynligheten for et vellykket prosjekt med fornøyde kunder.

Prosessdigitalisering

Prosessdigitalisering betyr å bytte papir mot internett. Det er sanntidsdeling av informasjon for å sikre åpenhet og samarbeid, rettidig framgang og risikovurdering, kvalitetskontroll og dermed bedre og mer pålitelige resultater. En grunn til byggebransjens dårlige produktivitet, henger sammen med at den fortsatt stoler på papir for å håndtere prosesser og leveranser. Blåkopier, plantegninger, innkjøp og forsyningskjeder, utstyslogger, daglige framdriftsrapporter og stempellister blir i stor grad benyttet i dag. Dette fører til at informasjonsdeling blir forsinket og entreprenører og eiere ofte jobber med ulike versjoner av virkeligheten. Ved bruk av papir i byggeprosjekter blir det vanskeligere å fange opp og analysere data, og det fører også til uenigheter mellom eiere og entreprenører på saker som byggeprosess, endringsordrer og kravbehandlinger [23].

Med dagens teknologi og gode mobilforbindelser er det et stort fokus på digitalt samarbeid. Ved bruk av digitale modeller via tablett og håndholdte enheter, vil man selv på eksterne byggeplasser alltid ha siste oppdatering av modell. Slike muligheter vil endre måten bransjen utfører alt fra arbeids- og endringsordrebehandling, materialsparing, planlegging, produktivitetmåling og rapportering ved hendelser og avvik.

6.2 Digital tvilling

Et annet produkt som vil gi stor gevinst i fremtiden er en «digital tvilling», også kalt utvidet virkelighet og augmented reality. Etter prosjektering er ferdig og før spaden settes i jorda, kan man visualisere bygget i VR-briller, og gå på befaring i den digitale utgaven av bygget og anlegget. Dette vil gi en mulighet til å sjekke om alt er som det skal før arbeidet starter i den virkelige verden. Tingenes internett, som er spådd å være den neste store revolusjonen, vil gjøre det mulig å bestille materialer i dette verktøyet, som vil bli levert til bygge- og anleggsplassen med koder slik at roboter kan fullføre jobben. Når bygget er ferdig, vil også den digitale tvillingen varsle når det trengs vedlikehold og drift [22].

Det er byggherren eller eieren av bygget og anlegget, som må bestille disse to produktene av dem som skal planlegge og bygge. Det må med andre ord stilles krav til leverandører, slik at innovasjonen kan skje mens vi bygger. På denne måten kan øke vi effekt og ta ut gevinstene av digitalisering.

Utvidet virkelighet

Utvidet virkelighet er også kjent som augmented reality (AR), og sammen med hologrammer vil spillereglene endres i byggebransjen. Hologram-teknologien vil revolusjonere måten byggebransjen arbeider på. Det vil ikke lengre være behov for byggetegninger og plantegninger, eller blogg og post-it-lapper.

7 Bygningsinformasjonsmodellering

I denne oppgaven blir bruken av BIM som et verktøy i og under prosjekterings- og produksjonsplanleggingen forklart. Det forutsettes at det er nødvendig kjennskap til BIM, der hovedfokuset her er på BIM i 4D-planlegging og som visualiseringsprogram ute på byggeplass.

7.1 Grunnleggende teori

BIM er en forkortelse som står for bygningsinformasjonsmodell og bygningsinformasjonsmodellering, og bruken av dette kan ha mange betydninger. Bygningsinformasjonsmodell blir benyttet ved henvisning til hva som produseres og bygningsinformasjonsmodellering til arbeidsprosessene som utføres. Med andre ord kan ordet både benyttes som et verb og et substantiv; ordet «BIM» som i en modell eller ordet «BIME» som i å arbeide i et modelleringsprogram. BuildingSMART (2012) har følgende gjeldende definisjoner:

Bygningsinformasjonsmodellering: Er en forretningsprosess for å generere og utnytte bygningsdata til å designe, bygge og drive en bygning eller et anlegg gjennom livssyklusen. BIM tillater alle interessenter å ha tilgang til samme informasjon samtidig gjennom interoperabilitet mellom teknologiplattformene.

Bygningsinformasjonsmodell: Er den digitale presentasjonen av fysiske og funksjonelle egenskaper til en bygning eller et anlegg. Modellen inneholder informasjon om bygningen og blir en felles kunnskapsressurs, og dette danner grunnlag for beslutninger gjennom hele livssyklusen.

Bygningsinformasjonsstyring (management): Er administrasjon, organisering og kontroll av forretningsprosessen ved at informasjon i den digitale prototypen blir benyttet til å påvirke informasjonsflyten gjennom hele livssyklusen. Fordelene inkluderer sentralisert og visuell kommunikasjon, mulighet for tidlig utforskning av alternativer, økt bærekraftighet, økt integrasjon mellom disiplinene, effektiv design, bedre kontroll på byggeplass og så videre – effektiv utvikling av bygningens livssyklus fra oppfattelse til endelig pensjonering.

BIM blir i denne oppgaven definert som en fellesbetegnelse på dataprogrammer som benyttes i byggenæringen til sammenstilling av prosjekteringsmodeller fra flere fag (betong, stål, ventilasjon, rør, elektro, osv.), som settes sammen i en felles 3D-modell. Detaljeringsnivået vil variere fra prosjekt til prosjekt, alt etter hva som er ønskelig. En BIM-modell vil gi bedre visualisering av modellen, økt mulighet til å finne feil og få en økt forståelse for andre fag. Et slikt program gir mulighet til å lage krasjrapporter, ta mengdeuttak, planlegge fremdrift og utføre energiberegninger og livssyklusanalyser med utgangspunkt i modellen.

Eastman, et al. (2011) har beskrevet 4 punkter for hva som ikke er BIM-teknologi:

1. En modell som kun inneholder 3D-data og ingen objektinformasjon, og som kun kan benyttes til analyse av geometri og visualisering.
2. En modell med definerte objekter, men det ikke er mulighet til å justere objektets plassering og størrelse.
3. En modell som er sammensatt av flere 2D CAD filer.
4. En modell hvor endringer ikke automatisk oppdateres i andre visninger.

Rent visuelt er BIM en 3D modell bestående av objekter som kan tildeles egenskaper og informasjon, og som har en relasjon mellom seg. BIM gjenkjennes med at objektene skal ha mulighet til å inneholde intelligent informasjon, mulighet til å forandre disse attributtene og tillate dimensjonsendringer samt automatisk oppdatering av endringer i alle dimensjoner [24]. Under prosjekteringen utarbeides en datamodell av bygget i 3D, som inneholder presis geometri og data som er nødvendige for å støtte konstruksjon, fabrikasjon og innkjøp som gjør bygningen til virkelighet. Modellen gir informasjon om for eksempel romskjema, areal og volumer, romnavn, typebetegnelser osv. Når et objekt endres, forteller programmet hvordan dette påvirker relasjonen til andre objekter [25]. Dette gjør det mulig for modellen å bli benyttet videre til kontroller, mengdeuttak, planlegging (4D), kostnadsestimat (5D), og lignende.

I kalkulasjonsfasen kan man legge inn informasjon om dører, vinduer eller brann- og lydkrav. Som underlag for kalkyle kan BIM brukes som mengdekontroll og gir tydelig oversikt over varene som skal bestilles i form av type og mengde. Modellen synliggjør kollisjoner og konflikter mellom aktører, som for eksempel ventilasjonskanaler, byggetekniske strukturer og elektriske anlegg. Fordelen med dette er at modellen gir informasjon om feil som kan rettes opp i prosjekteringsfasen og før byggestart. Byggherre kan spare mye på at feil avdekkes på prosjekteringsstadiet istedenfor ute på byggeplassen. 3D modeller gir en fotorealistisk fremstilling og gjør det lettere å kommunisere med interessenter, aktører og beslutningstakere, der helt utenforstående kan forstå og sette seg inn i 3D-modellen [6].

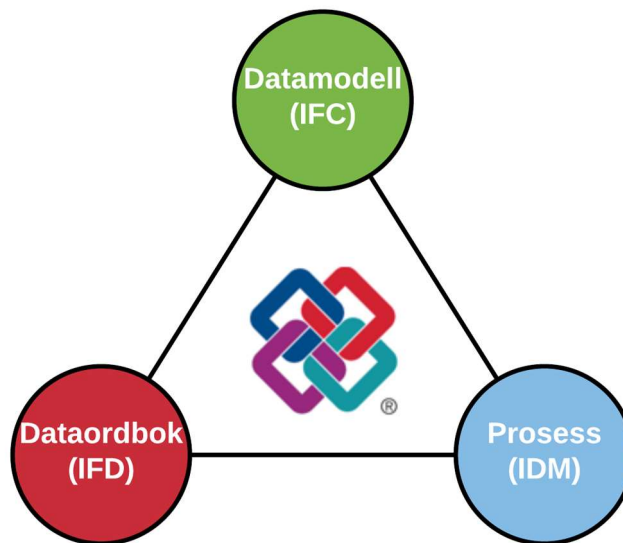
I følge Eastman et al. (2011) vil implementering av BIM fungere best ved et tidlig samarbeid mellom arkitekt, prosjekterende og utførende. Det er vanlig å starte med kollisjonskontroll og mengdeuttak, for så å fortsette med 4D og 5D. 4D-BIM kan enkelt beskrives som en metode for å styre prosjektet, der de forskjellige elementene i 3D-modellen blir knyttet opp mot fremdriftsplanen (tiden). Videre kan modellen knyttes til kostnadsrelatert informasjon, også kalt 5D-BIM.

Byggenæringen er delt opp i mange fag og for å prosjektere, bygge og drifte et bygg må alle aktører jobbe sammen med samme informasjon. Ved konvensjonelle prosesser utveksles informasjon på papir, som kan gi kostbare feil på grunn av dårlig kommunikasjon mellom fagene, samt overskridelse av både fremdriftsplan og budsjett. For at BIM skal være effektivt er det viktig at man deler informasjonen med andre aktører i bransjen. Enten må alle jobbe i det samme systemet – med de begrensningene det gir på tvers av fagområdene – eller så må man dele BIM gjennom et åpent standardisert filformat, som IFC (Industry Foundation Classes), som beskrives i neste kapittel. Programvarer som er sertifisert for utveksling av BIM på filformat som IFC gir åpenBIM [6].

7.2 buildingSMART og åpenBIM

åpenBIM er et initiativ av buildingSMART International (bsi). BuildingSMART International består av 18 fagnøytrale og ikke-kommersielle nasjonale avdelinger i Europa, Nord-Amerika, Australia og Midtøsten, der en avdeling ligger i Norge. åpenBIM er en universell tilnærming til samarbeid, felles design, realisering og drift av bygninger basert på åpne standarder og arbeidsflyt. Det er flere ledende programleverandører som bruker den åpne buildingSMART datamodellen [6]. buildingSMART hevder selv de er den eneste fagnøytrale, ikke-kommersielle organisasjonen som tar ansvar for at utviklingen av systemer for bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er på åpne formater, tilpasset et marked med fri konkurranse. Hovedformålet med åpenBIM er at det er en modell som kan «leses» av alle på tvers av faser og fagbarrierer, og som alle kan berike og høste informasjon fra.

BuildingSMART utvikler og vedlikeholder standarder for digitalisering av byggenæringen på åpne formater, og har tre internasjonale standarder som beskriver og støtter byggeprosjekter som er vesentlige for å bruke åpenBIM i praksis;



Figur 10: BIM-trekanten, fra buildingSMART Norge.

BuildingSMART Datamodell er kanskje mest kjent som filformatet IFC (Industry Foundation Classes). Datastandarden hjelper datamaskiner til ulike aktører å kommunisere sammen og muliggjør deling av informasjon mellom seg og mellom ulike programmer innenfor design, bygging, anskaffelser og vedlikeholdsarbeid. IFC gjør det mulig å utveksle komplekse modeller uavhengig av programvare, og styrer i hovedsak geometri og overordnede egenskaper. Den sikrer en jevn informasjonsflyt gjennom hele byggeprosessen og kvalitetssikrer prosjekter gjennom sine støtteprosesser. Hver aktør utarbeider en egen IFC-fil, som samles i en komplett modell i et visualiseringsprogram, som for eksempel Solibri. Modellen lagres i et mindre filformat, og er ikke lengre knyttet til en enkel programvare. IFC-formatet er basert på ISO standarden ISO 16739 [6].

BuildingSMART Dataordbok ble tidligere kalt IFD Library (International Framework for Data Dictionary) og er grunnlaget for en felles terminologi i bruken av åpenBIM. Ordboken beskriver komponentene i modellen entydig og standardiserer alle slags objekter, egenskaper og klassifikasjoner. Den forteller ulike egenskaper og produktspesifikasjoner til ulike komponenter i modellene, og ideen er at den skal effektivisere og automatisere en lang rekke prosesser som produktsøk, produktspesifikasjon og FDV-dokumentasjon. Ordboken er knyttet til og oversatt mellom alle deltakerlandene [6].

BuildingSMART Prosess er bedre kjent som Information Delivery Manual (IDM) og har som formål å få fag som er tilknyttet prosjektet til å arbeide effektivt sammen. Det er en standardisert prosess og leveransespesifikasjon som beskriver aktører, prosedyrer og krav til leveranser i prosjekter. Den definerer ytelsene fra, og grensevsnittet mellom fagene i prosjektet [6]. Dette er også viktig for programutviklerne.

For å oppnå åpenBIM må det være enighet mellom de tre ovennevnte standardene; både teknologien, verktøyet og arbeidsprosessen må være på plass. Det er nødvendig med et filformat (IFC) og en enighet om terminologi (IFD), som kobles opp mot relevante forretningsprosesser (IDM).

7.2.1 Nivåer innenfor BIM

Mark Bew og Mervyn Richards har utviklet en modell som beskriver BIM i et byggeprosjekt og hvilke milepæler som må oppnås for å nå full samhandling ved bruk av BIM. Milepælene er definert fra nivå 0-3 [26]:

Level 0 BIM: Har ingen samhandling av BIM, og anses som det enkleste nivået. Samhandling oppnås ved bruk av papir og tegninger er kun utviklet ved 2D CAD.

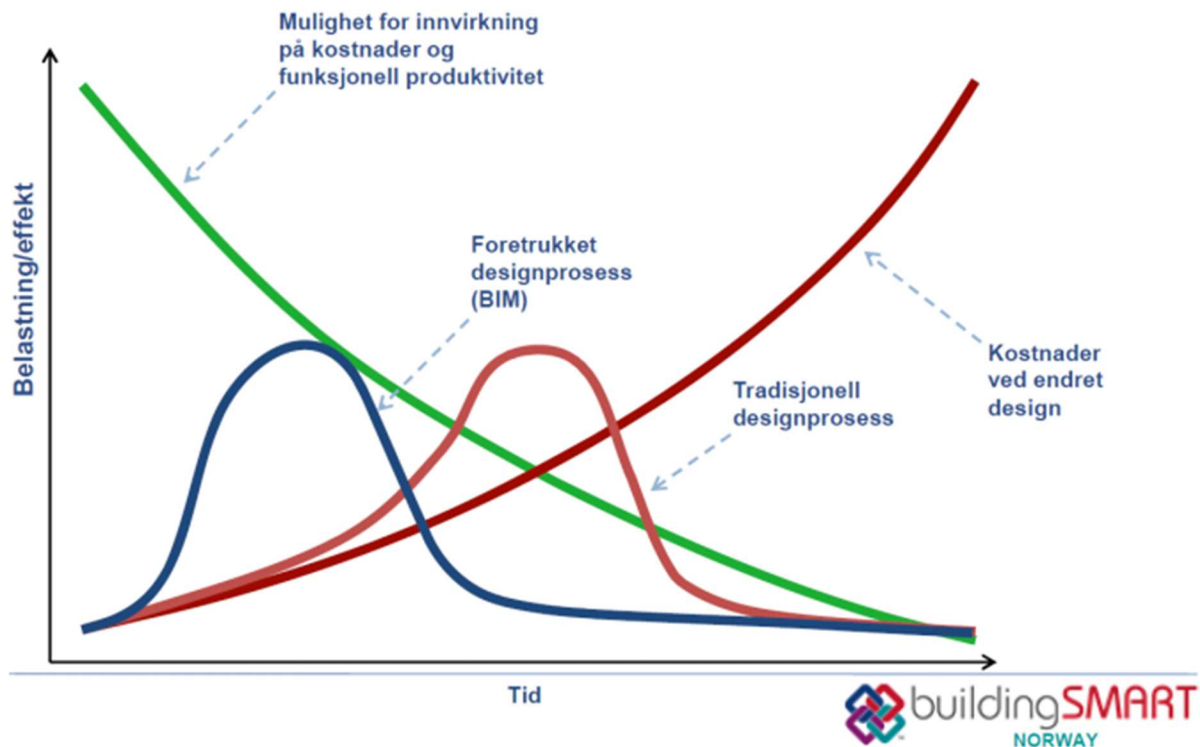
Level 1 BIM: Har et samarbeid med en blanding av 3D CAD og 2D tegninger. 3D CAD blir brukt til utvikling av konsept og 2D tegninger til dokumentasjon og produktinformasjon. Det blir benyttet en elektronisk deling av data, men modellene blir ikke delt mellom prosjektteamet.

Level 2 BIM: Alle parter bruker 3D CAD modell, men ikke en felles, delt modell. Det er nå et bredere samarbeid mellom aktørene rundt bruken av BIM, der informasjon blir delt mellom de involverte. Dataene blir delt gjennom et vanlig filformat, som tillater alle involverte å kombinere dataen med sin egen slik at alle kan lage en sammensatt BIM modell.

Level 3 BIM: Det er et fullt samarbeid mellom alle disipliner ved bruk av en felles, delt modell i prosjektet. Alle parter skal ha tilgang til å gjøre endringer i samme modell, som har til fordel at motstridende informasjon elimineres.

7.3 3D-Verktøy

Avanserte og gode 3D-modeller er et grunnlag for å oppdage feil før produksjonsfasen starter opp, noe tradisjonelle prosjekter med 2D-tegninger ikke har mulighet til. Man vil da ha en tidligere innvirkning på kostnader og produktivitet, slik Figur 11 viser.



Figur 11: En designprosess med BIM gir mulighet for tidligere innvirkning på kostnader og funksjonell produktivitet enn tradisjonelle designprosesser med 2D-tegninger.

Det er utviklet flere ulike 3D-modelleringsprogrammer, samt programmer for visualisering.

7.3.1 Solibri Model Checker

Solibri Model Checker er et verktøy for å analysere, visualisere, kvalitetssikre og kommunisere i bygningsinformasjonsmodellen, som har som funksjonalitet å finne feil og avdekke problemer før og under bygging. I tillegg gir programmet informasjon som kan hentes ut i hele byggets levetid og som kan brukes til behov som inkluderer arealberegning, tilgjengelighet og byggekodeoverholdelse.

Solibri Model Checker er sertifisert for IFC-filer og importerer IFC-, komprimert IFC- og DWG-formater. I tillegg kombinerer programmet byggemodeller fra ulike designdisipliner, som for eksempel arkitekt (ARK), rådgivende ingeniør bygg (RIB), rådgivende ingeniør VVS (RIV) og rådgivende ingeniør elektroteknikk (RIE), og kan flytte modeller med ulike koordinatsystemer. Solibri har også en kraftig 3D-visning som kombinerer modeller, samt unike presentasjoner for lysbildefremvisninger for enkel kommunikasjon.

Ved enkelt å sette sammen fagmodellen, gjøre enkle ferdigdefinerte regelsjekk kan man gå igjennom modellen, og visualisere og kommunisere ut problemområder og utfordringer, dette lenge før og mye enklere enn i en tradisjonell prosjekteringsprosess. Solibri gir mulighet til å utføre automatiserte analyser og kontroller, som:

- Kollisjonskontroller basert på komponenters design, samt type og alvorlighetsgrad for kollisjonen.
- Kontrollere universell utforming.
- Kontrollere rømningsruter i bygningen.
- Mangeldeteksjon for å oppdage designmangler og manglende elementer.
- Fremheve potensielle designproblemer i 3D-visualiseringsmodellen.
- Utforme regler for modellkontroll.

Solibri vil også være et godt alternativ for å kunne kvalitetssikre IFC-leveranser, kontroll for byggherre i forhold til krav, mengdeuttak, kollisjoner mellom fag og i egen modell m.m.

For at analysene skal bli meningsfulle er det viktig at alle fag arbeider innenfor samme koordinatsystem og bruker samme prosjektnull ($x, y, z=0, 0, 0$), samme retning for sann nord og samme akser. For å sikre en riktig «startsituasjon» anbefales det at de prosjekterende tester utvekslingen av fagmodellene på et tidlig tidspunkt. Analysene krever ikke informasjonsrike objekter, og har i utgangspunktet som eneste krav å følge med objektgeometrien i de ulike fagene – vanligvis ARK, RIB og RIV/RIE.

7.4 4D-BIM

I en bransje hvor oppdragene stadig øker i størrelse og kompleksitet kan det spekuleres i hvorvidt tradisjonelle, forholdsvis enkle fremstillingsmåter som CPM, PERT og skråstreksdiagram fortsatt er tilstrekkelige. Flere argumenterer for at fremstillingene er mangelfulle da de forutsetter at fremdriftsplanlegging og design av bygget utføres som to forskjellige, separate oppgaver [24].

Eastman et. al. (2011) påpeker at selv om fremdriftsplanen som legges ved tradisjonelle arbeidsmetoder kan være god, oppstår det problemer da planen skal formidles og forstås av prosjektets aktører. Videre trekker Eastman frem planens betydning for byggeplasslogistikken, og argumenterer for at ingen tradisjonelle planleggingsverktøy tar hensyn til denne dimensjonen. Som en løsning presenteres planlegging i 4D.

4D CAD refererer til datamodeller som kombinerer digitale 3D modeller med en fjerde dimensjon; tid. Ved planlegging i 4D lenkes hvert objekt i en ferdig 3D-modell med en tilhørende aktivitet i en ferdig, utarbeidet fremdriftsplan [27]. Ved komplett lenking, en tidkrevende og repetitiv prosess, kan utførelsesfasen simuleres og evalueres av byggeprosjektets aktører. Byggeprosessen finkjemmes for kollisjoner og komprimeres om mulig.

Eastman et. al. (2011) lister følgende fordeler med planlegging i 4D:

1. **Kommunikasjon.** Fra å fremstille fremdriftsplanen på papirformat kan planleggere med 4D visuelt kommunisere byggeprosessen.
2. **Byggeplasslogistikk.** Den visuelle fremstillingen av byggeprosessen forenkler organiseringen av byggeplassen. Av utstyr skal byggeplassen huse kraner, heiser, stillas, barrierer og andre sikkerhetsfasiliteter.
3. **Koordinering av forskjellige fag.** Den visuelle fremstillingen viser hvor de forskjellige fagene er til hvilken tid. Dette gjør det enklere å forebygge kollisjoner.
4. **Fremdriftsoppfølging.** Prosjektleder kan enkelt sammenlikne faktisk fremdrift med den visuelle fremdriftsplanen, og ser raskt hvis prosjektet havner bak skjema

7.4.1.1 Synchro Professional

Synchro Professional er et prisbelønt 4D verktøy innenfor produksjonsplanlegging, fremdriftsplanlegging, ressursforvaltning og 4D visualisering. Verktøyet gir brukeren mulighet til å vurdere flere alternative fremdriftsplaner, overvåke planen, ressurs og tidsfordeling, evaluere risiko og gjennomføre kostnadsanalyse. Dette åpner dørene for å kunne definere samt kommunisere til alle involverte i produksjonen om hva, når og hvor arbeidet skal gjennomføres under hele byggeprosjektet.

Synchro Platform gir unikt en enkeltteknologiløsning for å skape tilnærming, for å nøyaktig visualisere, analysere, redigere og spore hele prosjektet, inkludert logistikk og midlertidig arbeid. Dette visuelle og datarike miljøet engasjerer alle gruppe-medlemmene i en gjennomsiktig prosess for å optimalisere byggeprosjekter av alle typer fra anbud gjennom bygging, igangkjøring og overlevering. Resultatet er vedvarende forbedring, eliminering av avfall og økt verdi.

Del III

Sortland Entreprenør, Solibri og test av nye programvarer

Denne delen er delt inn i tre hovedkapitler. Det første kapitlet vil beskrive Sortland Entreprenør, hvilke planleggingsprosedyrer de har og hvilke digitale verktøyer de benytter. I neste kapittel vil det bli beskrevet hvordan Sortland Entreprenør benytter seg av Solibri, om programmet effektiviserer produksjonen, hvilket kunnskapsnivå bedriften har og om det er andre behov for videre utvikling. I siste kapittel blir Synchro Professional og StreamBIM by Rendra beskrevet. Det blir sjekket de gir andre muligheter og løsninger for Sortland Entreprenør som kan effektivisere produksjonen ute på byggeplass.

8 Om entreprenøren

8.1 Sortland Entreprenør AS

Sortland Entreprenør AS ble etablert i 1964 av Oddmund Pedersen og Sverre Jensen, og bestod den gang av 6 bygningsarbeidere. Oddmund hadde bakgrunn som tømrer og snekker, og Sverre som jernbinder, murer og betongarbeider. De hadde erfaring fra hver sin kant og da de vant sitt første anbud, spådde mange i bransjen at selskapet ville få et kort liv, og at det første prosjektet ville bli det siste.

I dag er Sortland Entreprenør AS Vesterålens ledende entreprenørselskap innen bygg og anlegg. Markedsområdet er primært Nordland, Troms og Finnmark, men i de senere årene har selskapet utvidet sitt nedslagsfelt til hele landsdelen. Selskapet leverer entreprenørtjenester i det private og offentlige markedet og er totalleverandør av nybygg og anleggsarbeid, inkludert rehabilitering av næringseiendommer [28].



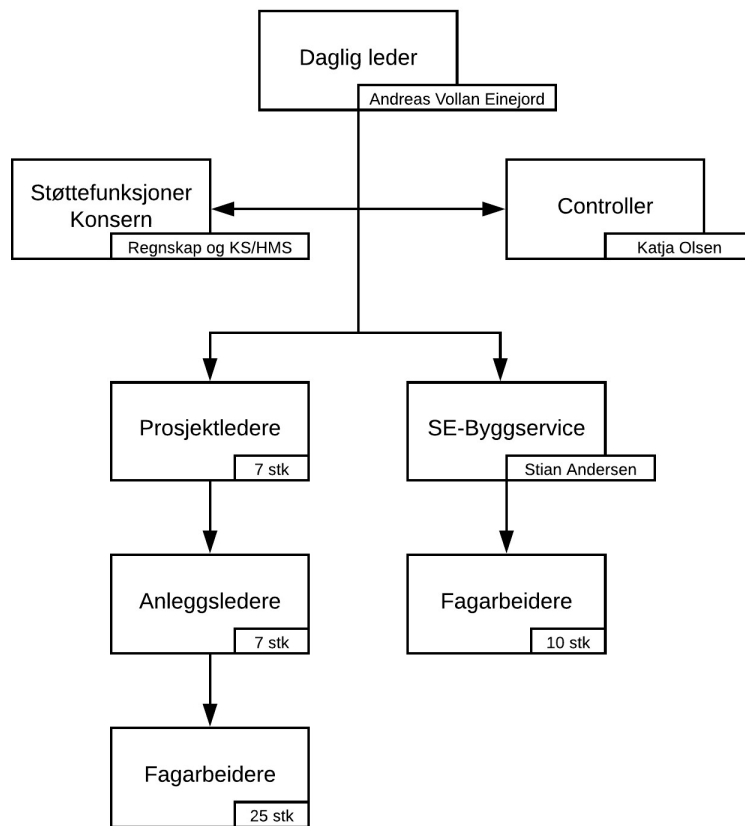
Figur 12: Logo med slagord for både morselskapet SE-gruppen og for Sortland Entreprenør.

Helt siden selskapet ble startet opp i 1964, har stolthet og engasjement sammen med kvalitet, vært sentrale verdier, noe som gjenspeiles i Figur 12. For å nå langsiktige mål er de alltid åpne for å se på forbedringsmuligheter i egen organisasjon og i samhandling med kundene. Sortland Entreprenør er opptatt av å levere avtalt kvalitet til konkurransedyktig pris og avtalt tid.

Selskapet består i dag av 53 ansatte, bestående av dyktige håndverkere, teknisk personell og lærlinger, alle med høy kompetanse. Organisasjonens oppbygging er vist i Figur 13. Selskapet har sentral godkjenning i tiltaksklasse 2 for utførelse av bygninger, er ISO 9001-sertifisert og er medlem av NESO (Nordnorske Entreprenørers Serviceorganisasjon), for opplæring og utvikling av nye medarbeidere.

Sortland Entreprenør AS er opphavet til det som i dag kalles SE Gruppen AS. I jubileumsåret 2014 overleverte de sitt mest omfattende byggeprosjekt hittil – kulturfabrikken på Sortland. Organisasjonen har bred kompetanse innenfor fagfeltet og har opp gjennom årene bygget over 190 bygg – alt fra bruer, observatorium, kjøpesentre og skoler til fergeleier.

Sortland Entreprenør ble ledet av Tor Halvard Gregersen frem til 1. januar 2018. 1. januar 2018 overtok Andreas Vollan Einejord som daglig leder i Sortland Entreprenør. Andreas er utdannet sivilingeniør, og har vært ansatt i Sortland Entreprenør siden 2012.



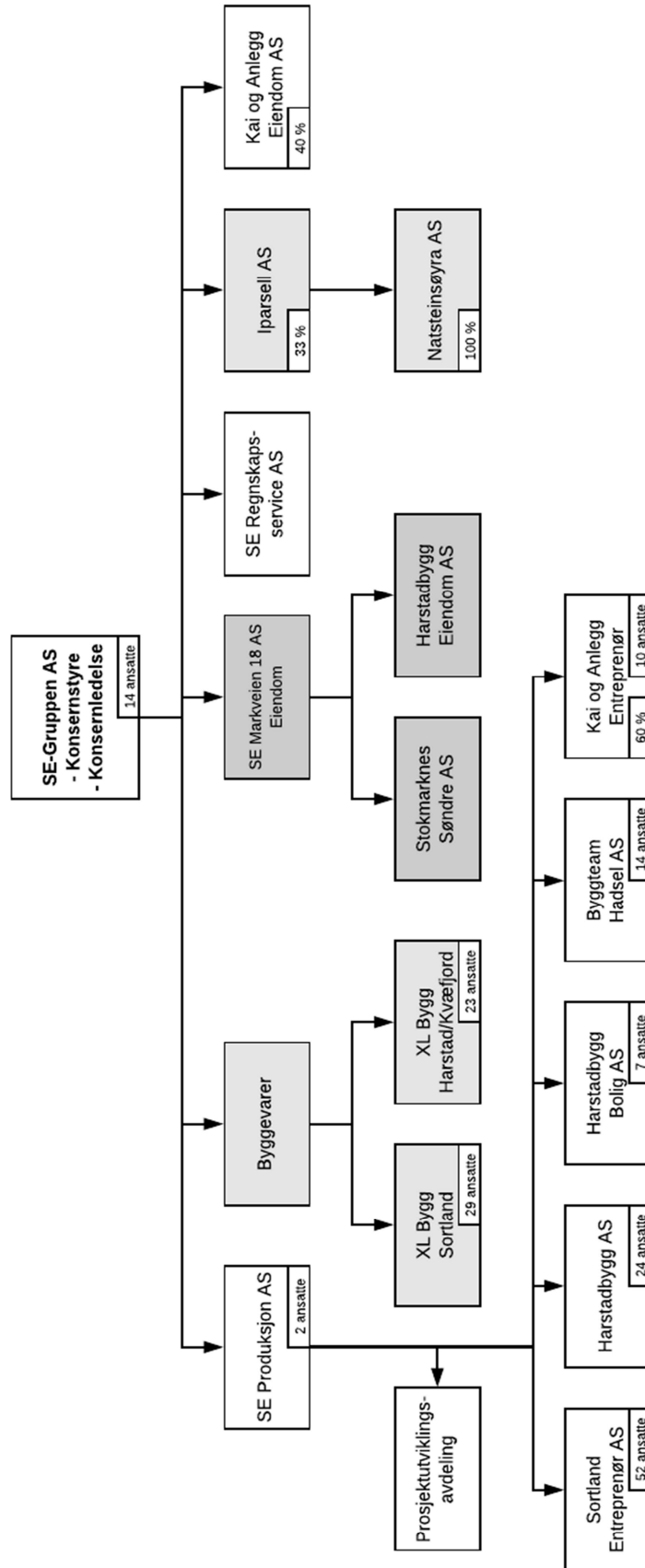
Figur 13: Organisasjonskart Sortland Entreprenør.

8.1.1 SE Gruppen AS

SE Gruppen AS er morselskapet i konsernet SE-gruppen. Konsernet SE-gruppen består foruten morselskapet av 14 datterselskaper – fordelt på hovedsakelig to forretningsområder; byggevarer og entreprenørtjenester. Organisasjonskartet til SE-Gruppen er vist i Figur 14. Det er 100% lokalt eierskap og samlet omsetning var i 2017 på ca. 500 millioner NOK.

SE-Gruppen har totalt 175 medarbeidere – inkludert deltid og vikarer, og er regionens største totalleverandør av byggevarer og entreprenørtjenester for bygg- og anlegg. I tillegg er selskapet engasjert i eiendomsforvaltning. Virksomheten har sitt hovedkontor i Vestmarka på Sortland, med datterselskaper i Harstad, Hadsel og Kvæfjord [29].

Konsernet leverer byggevarer til både private og profesjonelle brukere, samt entreprenørtjenester i det private og offentlige markedet, og er totalleverandør av nybygg og anleggsarbeid, inkludert rehabilitering av næringsseiendommer.



Figur 14: Organisasjonskart SE-Gruppen AS

8.1.2 Sortland Entreprenørs strategi

Sortland Entreprenør har fokus på kontinuerlig forbedring i alle arbeidsoperasjoner og i alle ledd i organisasjonen med selskapets strategiplan som overordnet dokument. For å ivareta framtidige behov og forventninger, forebygge uønskede hendelser og forbedre prosessene er det viktig at selskapet kontinuerlig arbeider med forbedringer. Forbedringspotensialet skal spesielt rette seg mot fremtidige behov og mulighet for utvikling av ny teknologi for byggebransjen.

Daglig leder har ansvaret for at kontinuerlig forbedring er et fokusområde, og dette gjelder for alle arbeidsprosesser i selskapet. Strategiske og operasjonelle mål for selskapet utarbeides sammen med styret.

For å oppnå forbedringer er følgende verktøyer viktig:

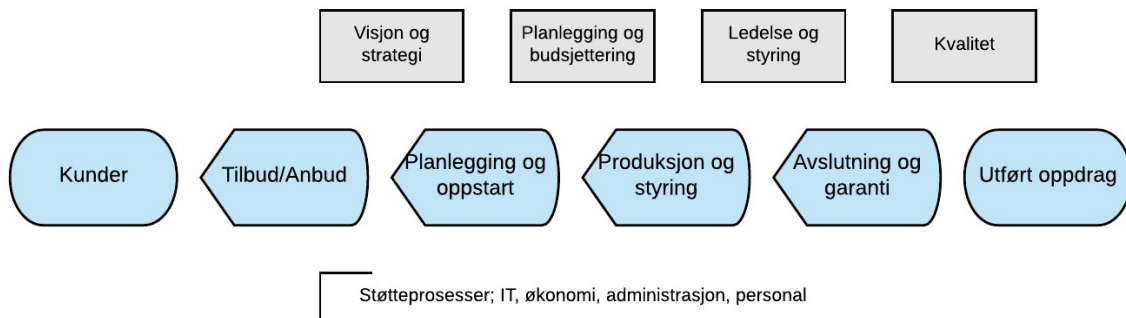
- Evaluering av prosjekter som vurderes å gi ny læring og bidra til forbedringer
- Avvikssystemet og arbeidet med korrigerende tiltak
- Digitalisering av arbeidsoperasjoner, både i planlegging av prosjekter og som arbeidsverktøy i byggetiden
- Ledelsens gjennomgang
- MTI og KTI
- Interne revisjoner
- Leverandørevalueringer

8.2 Planlegging i Sortland Entreprenør

I Sortland Entreprenør er planlegging en del av den røde tråden som går gjennom prosjektene. I kvalitetssikringssystemet (KS-systemet) til organisasjonen er det egne prosedyrer med retningslinjer og krav til hvordan produksjonen skal planlegges. Deretter er det opp til prosjektledere og formenn for hvert prosjekt å gjennomføre selve planleggingen.

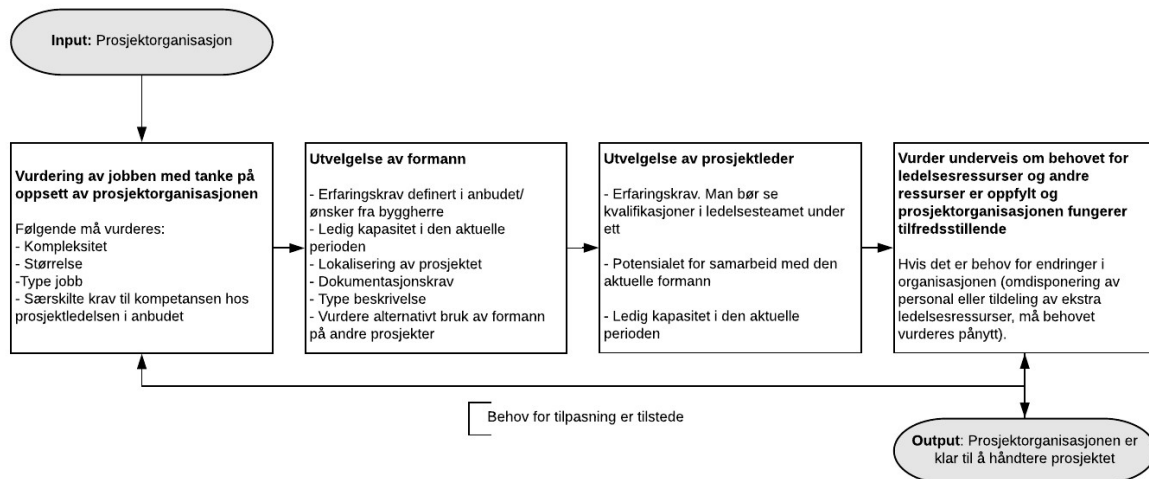
8.2.1 Teoretisk produksjonsplanlegging i Sortland Entreprenør

Når Sortland Entreprenør vinner et anbud og får tildelt et prosjekt er planlegging og oppstart den første fasen prosjektledere og formenn går inn i, som vist i Figur 15.



Figur 15: Ulike ledelsesprosesser for et prosjekt

Ut fra en vurdering av prosjektets kompleksitet, størrelse, type jobb, ledig kapasitet og hvilken kompetanse og erfaring som er nødvendig, tildeles prosjektleder og formann, som er ansvarlige for prosjektet. Deretter velges bemanning i egne bemanningsmøter.



Figur 16: Etablering av prosjektorganisasjon med utvelgelse av formann og prosjektleder

Etter at daglig leder har utpekt prosjektorganisasjonen, som beskrevet i Figur 16, og oppstartsmøtet er gjennomført, blir planene for prosjektet produsert gjennom ulike møter. Avhengig av type prosjekt er det normalt at fremdriftsplan, bestillingsplan og beslutningsplan er på plass mellom 6-12 uker inn i prosjektet. Planene utarbeides etter egne informative dokumenter, altså maler som ligger i KS-systemet, og styrende dokumenter er kontrakter og grunnlags-dokumenter fra byggherre.

Etter at planleggende dokumenter er produsert går prosjektet over i produksjonsfasen, som i Figur 15 blir kalt produksjon og styring. I denne fasen er bestillingsplan, fremdriftsplanene, beslutningsplan, prosjekteringsplan, økonomioppfølging, kontrakter (byggherre og underentreprenører), HMS-plan, kontrollplan og tegninger/modeller de styrende dokumentene. Dokumentene hjelper Sortland Entreprenør med å koordinere underentreprenørene, innkjøp, bestillinger, prosjektering og egenproduksjon gjennom månedlige møter, ukemøter og økonomievaluering.

Fremdriftsplan

Fremdriftsplanen skal fungere som prosjektoppfølgings- og prosjekteringsverktøy og består av aktiviteter, sammenheng mellom dem, varighet, samt start og sluttdato til prosjektet. Planen skal videre vise hvem som bygger hva, hvor og når.

Utarbeidelse av fremdriftsplanen innebærer å:

- Angi prosjektets viktigste milepæler, inklusiv prosjektstart og -slutt
- Vise hvordan prosjektet er planlagt gjennomført
- Planlegge angrepspunkter og gjennomføring
- Kommunisere og bestemme rekkefølge og varighet til aktiviteter
- Danne et grunnlag for bemanningsplanlegging
- Gi en felles omforent plan som gir grunnlag for koordinering av UE/egen produksjon
- Planlegge tid og sted for Rent Tørt Bygg-soner
- Vise fremdriftsfront og hvordan prosjektet ligger an

Avhengig av prosjektets omfang, fase og detaljgrad har Sortland Entreprenør i hovedsak to typer fremdriftsplaner:

Hovedfremdriftsplan – er en plan som følger gjennom hele prosjektet og utarbeides i flere nivåer. I kalkulasjonsfasen blir det laget en grov fremdriftsplan med oversikt over viktige milepæler. Denne viser mer enn selve byggeprosessen i gjennomføringen av prosjektet, og kan inneholde aktiviteter både før og etter selve byggingen. Deretter må det lages en mer detaljert timeverksatt fremdriftsplan, som viser alle aktiviteter og milepæler. Planen brukes som rapportering til byggherren og er en kontraktsform for leverandører og underentreprenører, og skal hjelpe hver enkelt aktør til å planlegge sin jobb.

Produksjonsplan – er den mest detaljerte fremdriftsplanen og utarbeides oftest som 3-ukers produksjonsplaner. Planen involverer de utførende (formenn og bas) innenfor det tidsvinduet som hovedfremdriftsplanen gir. Ut fra behov kan planen inneholde flere nivåer, der det utarbeides ukeplaner til arbeiderne ute på byggeplassen.

Prosjektleder har totalansvar for gjennomføring av prosjektet og ansvar for å utarbeide hovedfremdriftsplanen. Dersom fremdriftsplan av en eller annen årsak ikke kan overholdes, skal prosjektleder på et tidlig stadium kommunisere med kunden. Dette kan skyldes manglende underlag fra kundens konsulenter, manglende beslutninger eller egne forhold.

Videre er det formann som har ansvar for planlegging og oppfølging av drift på byggeplassene, samt å bryte hovedfremdriftsplanen ned til 3-ukers produksjonsplaner. Som formann er planlegging av rigg,

utstørsbehov, produksjonsløsninger, mannskapsbehov og fremdrift sentrale oppgaver i oppstartsfasen. Han har også ansvar for å finne kostnadseffektive løsninger som ligger innenfor byggebudsjett.

I sammenheng med hovedfremdriftsplanen skal prosjektleder også helst utarbeide beslutningsplan og bestillingsplan. En beslutningsplan viser når viktige beslutninger og avgjørelser må tas, både for byggherre og utførende. Den skal henge sammen med en bestillingsplan som sier noe om når ulike komponenter må bestilles.

Møtevirksomhet

For å få optimalisert produksjon er det viktig at alle er kjent med og har eierskap til produksjonsplaner, gjennomføring og byggemetode. Det er derfor viktig at prosjektleder gjennomfører byggemøter, planleggingsmøter og jevnlig kundemøter (ofte kombinert med byggemøter). I tillegg er det viktig å gjennomføre infomøter/månedsmøter med eget mannskap ute på prosjektet.

Som formann har man ansvar for å gjennomføre ukentlige møter med medarbeidere på prosjektet. Agenda for disse møtene kan være:

- Status i forhold til produksjon og fremdrift
- Planlegging for neste ukes produksjon; hvem gjør hva, utstørsbehov, logistikk/vareleveranser, koordinering mot andre entreprenører, avvik i forhold til plan og eventuelle korrigerende tiltak (overtidsarbeid, justering av bemanning/oppgaver osv.)
- Status kvalitet – herunder gjennomgang/avdekking av avvik
- Status HMS – herunder gjennomgang/avdekking av avvik
- Evaluering av hva som ble gjort uken som gikk og hva som må/kan forbedres til neste uke
- Annen informasjon – eks. fra byggemøter, kunde, omgivelser (spesielle hensyn til 3. person), opplæring i forhold til planlagte oppgaver, økonomi/resultat i samråd med prosjektleder
- Prosjektleder skal jevnlig delta i møtene sammen med formann

8.2.2 Praktisk produksjonsplanlegging i SE

For å kartlegge informasjon om praktisk produksjonsplanlegging i Sortland Entreprenør ble det gjennomført tilsammen fire intervjuer av syv personer; daglig leder (tidligere prosjektleder), tre prosjektledere og tre formenn. I intervjuene ble hele spekteret av personell dekket. Det ble intervjuet to ytterpunkter, der den ene var mer gammeldags og «kun» planlegger etter erfaring, og den andre var nytenkende og følger retningslinjer og bruker sin erfaring og kunnskap i kombinasjon med ny teknologi. Intervjuguide er i vedlegg 1.

Planleggingsnivåer

Som nevnt i teoretisk produksjonsplanlegging benytter Sortland Entreprenør seg av to hovednivåer for planlegging:

1. **Hovedfremdriftsplan** – et levende dokument som endrer seg underveis i prosjektet. Det er en grov fremdriftsplan som blir mer detaljert etter hvert som det kommer input fra UE.
2. **Produksjonsplan** – 2-3-ukersplaner ned på detaljnivå.

Prosjektledere utarbeider hovedfremdriftsplanen i samarbeid med formenn. Hvordan samarbeidet er og til hvilken tid planene blir utarbeidet varierer fra prosjekt til prosjekt. Primært er det prosjektleder som har ansvaret for utarbeidelse av hovedfremdriftsplan, og på detaljnivå blir formenn i mye større grad engasjert. Formenn bryter ofte ned planen i mindre aktiviteter, samt planlegger og styrer produksjonen på detaljnivå. Planene godkjennes deretter sammen med formenn, byggherre og underentreprenører. Det er prosjektleder som har ansvar for å ha en overordnet oversikt over planen, og forman sitt ansvar å etterfølge planen.

Planleggingsprosessen

Ved innlevering av anbud utarbeides det en grov fremdriftsplan med start og slutt dato, og et mindre antall poster med hovedaktiviteter. Når anbudet er vunnet blir fremdriftsplanen detaljert ned til et fornuftig antall aktiviteter med kalkylen som bakgrunn. Det blir utarbeidet et forslag i fremdriftsplanen hvor lang tid det antas at ulike aktører trenger, slik at de selv kan komme med innspill til endringer. Etter hvert som aktiviteter nærmer seg blir fremdriftsplanen detaljert ned til to- og tre-ukersplaner, og litt uavhengig av detaljeringsgrader blir den koblet opp mot bestillingsplan og beslutningsplan. Beslutningsplan og bestillingsplan er sidestilt med og basert på fremdriftsplanen, og blir ofte ikke lagt fokus på i prosjekter. Det er viktig å huske på at fremdriftsplanen er et levende dokument som endrer seg underveis.

Gjennom intervjuer kom det fram at planleggingsprosessen i Sortland Entreprenør utvikler seg som følger;

1. Formann og prosjektleder setter seg ned og tenker sammen hvordan utfordringer prosjektet vil gi og blir kjent med prosjektet.
2. De identifiserer aktivitetene, bestemmer antatt varighet og fastsetter rekkefølgen.
3. Gjennomgår planen og analyserer den.
4. Oppdaterer planen kontinuerlig; fremdriftsplanen er et levende dokument.
5. Kontroll og overvåkning.

Oppfølging av hovedfremdriftsplan

Til hvilken grad fremdriftsplanen blir fulgt, avhenger av hvor knapp byggetiden er, samt hvor strukturerte aktørene er. Strukturerte aktører har alle aktiviteter avklart til enhver tid, samt hvordan de skal utføres, noe som sparer entreprenøren og aktørene for diskusjoner på byggeplass.

For å følge opp fremdriftsplanen utføres det interne møter med prosjektleder og formann, samt koordineringsmøter, der alle underentreprenører, baser og formenn er tilstede. Koordineringsmøter kjøres hver 14. dag eller som ukentlige møter. Her blir fremdriftsplanen gjennomgått, samt hvilke aktiviteter ulike aktører skal ha utført og videre planlegger å gjøre. Det blir også tatt opp viktige hendelser og milepæler for kommende periode. Det er saker som kan følges for gjennomføring av møtene, og punktvis blir hver aktør gjennomgått for å se hvordan de ligger an i forhold til fremdriften.

Samarbeid mellom planlegger og underentreprenører

Det viktigste med fremdriftsplanen er at alle blir «tro» til planen. Det blir avholdt fremdriftsmøter mellom planleggeren og underentreprenør (UE) slik at de sammen blir omforent om planen. Fremdriftsplanen er ikke noe Sortland Entreprenør skal tre over hodet på underentreprenørene, men en enighet dem imellom er viktig.

Utfordringer i fremdriftsplanlegging og produksjon

God planlegging og oppfølging av fremdriftsplanen forutsetter god kommunikasjon i alle ledd i produksjonen og prosjekteringsgruppen. Forsinkelser i fremdriftsplanleggingen og produksjonen skyldes ofte:

- Sen prosjektering
- Dårlig oppfølging av fremdrift
- Sen fremdriftsplanlegging
- Sene avklaringer fra UE
- For lite detaljert plan
- For sen bestilling av ressurser
- Forsinkelser i vareleveranser
- Uforutsette hendelser (for eksempel dårlige grunnforhold, vær og vind)

Planlegging av ressursbruk

Kalkyle og budsjett er styrende for planlegging av ressurser, og ut fra kapasitet til arbeiderne, årstid, kompleksitet, timeverk, byggetid og varigheten til en aktivitet blir behov for ressurser og ressursbruk bestemt. Ressursbruken blir fulgt opp på byggeplassen og justeres etter utviklingen, og i noen tilfeller må det tilføres flere ressurser for å opprettholde den tenkte fremdriften. I fremdriftsplanen må prosjektleder manuelt gå inn på hver aktivitet for å endre varighet og bemanning, og skrive som kommentar hvilket ressursbehov det er tiltenkt hver aktivitet.

Budsjettet er også til dels styrende for timeverket. Formenn og underentreprenører blir i tillegg utfordret på om de kan utføre aktiviteter raskere. Det utføres timeverksoppfølging minst hver 14. dag, slik at det blir kartlagt hvordan entreprenøren ligger an i forhold til budsjett og fremdrift.

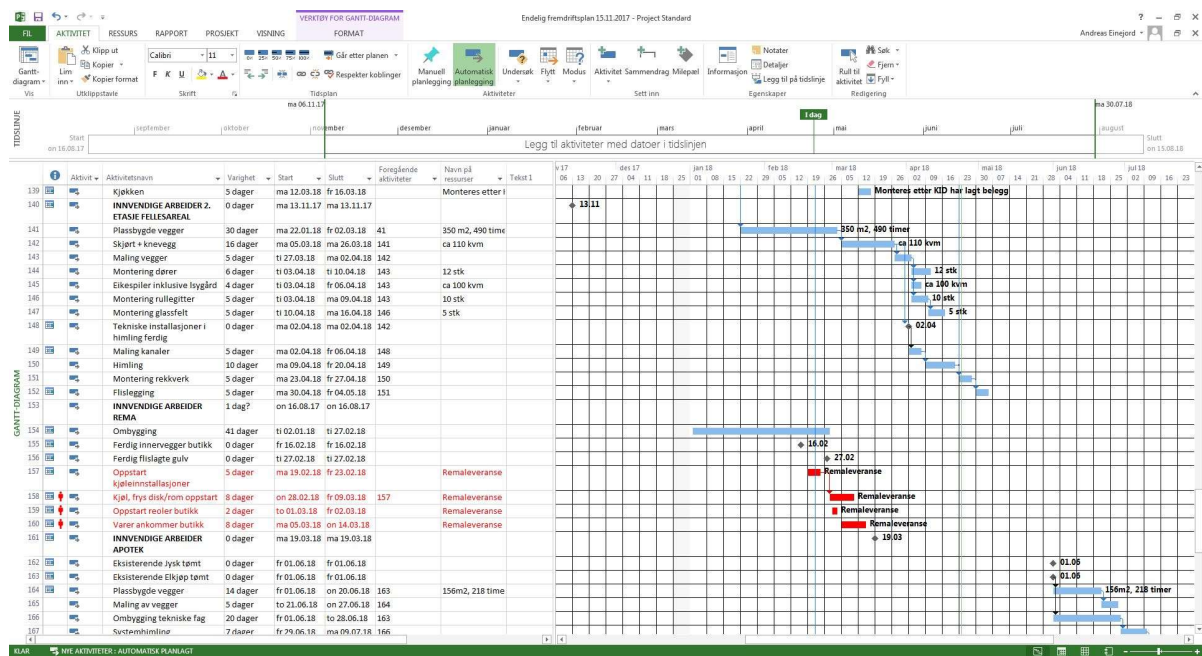
8.3 Bruk av digitale verktøyer

I forbindelse med prosjektering, planlegging og produksjon har Sortland Entreprenør tilgang på MS Project og Solibri per dags dato, samt Excel og ISY ByggOffice. MS Project er et program for prosjektstyring som alle prosjektledere er oppfordret til å benytte ved fremdriftsplanlegging. Solibri er i innkjøringsfasen og er nettopp startet opp for fullt i sine første prosjekter.

8.3.1 MS Project i Sortland Entreprenør

Sortland Entreprenør ser et betydelig potensial ved bruk av MS Project aktivt i prosjektstyring og fremdriftsplanlegging. Det gir gevinst for både prosjekteringsgruppen, produksjon og entreprenør, til tross for at potensialet til programmet ikke blir benyttet fullt ut.

MS Project ble implementert i bedriften i 2014 og er i dag tilgjengelig for alle prosjektledere. Det oppfordres til at alle skal bruke programmet, siden det gir langt større fleksibilitet enn Excel-baserte planer. MS Project gir mulighet til enkel prosjektstyring, med innebygde maler som enkelt kan tilpasses og Gantt-diagrammer med kritisk vei-metoden som planleggingsfunksjon, slik Figur 17 viser.



Figur 17: Et eksempel på en fremdriftsplan utarbeidet i MS Project for et pågående prosjekt i Sortland Entreprenør «Sortland Senter».

Før MS Project ble implementert i bedriften ble alle fremdriftsplaner utarbeidet med Excel. Programmet krevde mye tid og ressurser, og var lite effektivt, siden det var problematisk å finne aktiviteter på kritisk vei. Excel benyttes fortsatt på en del mindre prosjekter og til 2-3 ukersplaner for fremdrift, men frarådes å brukes.

Primært benyttes følgende fordeler og funksjoner i MS Project som forenkler planleggingsprosessen og prosjektledelsen;

- **Innebygde maler og kjente planleggingsfunksjoner** – Maler som er enkle å tilpasse og Gantt-diagrammer. Det gir en rask oversikt over alle prosjektaktiviteter, fra oppgaver til kommende milepæler. Tidslinjene kan tilpasses slik at spesifikke data blir representert, og kan enkelt deles med prosjektets interessenter.

- **Kritisk linje** – Planer oppdateres automatisk når det blir endringer for en enkelt aktivitet.
- **Rapportering** – Rapporter kan deles på tvers av organisasjonen for å sørge for at alle har samme informasjon. Rapportene inkluderer alt fra diagrammer for gjenstående arbeid til økonomiske diagrammer.
- **Tilgang på tvers av enheter** – MS Project er tilgjengelig på Windows-, iOS- og Android-enheter, slik at teammedlemmene kan oppdatere oppgavene på valgt enhet og se tidslinjer og rapporter ute på byggeplass.

I programvaren er det i tillegg tilrettelagt for ressursoptimalisering og bemanningsplanlegging. Dersom ressursfordelingen administreres på en proaktiv måte, vil flaskehalsen identifiseres tidlig, ressursbehov forutses nøyaktig, og prosjekter velges ut og gjennomføres på en tidseffektiv måte. For at Sortland Entreprenør skal få maksimalt utbytte av MS Project, bør de også ta i bruk funksjonen ressursbehandling. Det vil da alltid være kontroll over behov for bemanning og det ville være enklere å identifisere overutnyttede og underutnyttede ressurser.

Integrasjon mot ISY ByggOffice

ISY ByggOffice er et program som blir brukt av Sortland Entreprenør til kalkulasjon og produksjonsoppfølging. Programvaren har valgt å integrere seg mot Microsoft Project for å gi mulighet til å gjøre en enda mer detaljert fremdriftsplanlegging, og dette er noe Sortland Entreprenør kunne hatt nytte av. Ved å eksportere en aktivitetsplan fra ISY ByggOffice til Project får man med seg en rekke av aktivitetenes egenskaper, i tillegg til den generelle strukturen i aktivitetsplanen [30];

- Varighet til aktivitet vil være basert på totalt kalkulert timeforbruk i jobbpakkemodulen*
- Aktivitetenes totale inntekt og arbeidstimer får egne kolonner i MS Project.
- Tidsressurser som i jobbpakkemodulen er relatert til aktiviteten via dens poster og kalkylelinjer knyttes opp mot aktiviteten i Project.
- Avregnet produksjon (ferdiggrad) i jobbpakkemodulen benyttes som grunnlag for aktivitetens ferdiggrad i Project.
- Dersom det finnes ordrer knyttet opp mot en aktivitet tas informasjon om disse med i Project.

8.3.2 BIM i Sortland Entreprenør

Sortland Entreprenør ser et betydelig potensial ved bruk av digitale modeller aktivt i prosjekteringsarbeidet og i produksjonen, og tror det vil gi gevinst for byggherre, brukere, entreprenør, prosjekteringsgruppen og produksjon. Bruken av BIM er ikke så avansert den dag i dag, men målet er å gi flere i bedriften erfaring med BIM for å skape et utviklingspress til å videreutvikle bruken.

Første prosjekt som ble definert som et fullverdig BIM-prosjekt ble startet opp sommeren 2016, og dette er det eneste prosjektet som er blitt gjennomført med BIM. Implementeringen ble en suksess og BIM anvendes nå i tre pågående prosjekter; en skole, et kjøpesenter og fundamenter til vindmøllepark. Disse blir beskrevet nærmere i kapittel 9.2.

Det er primært innenfor tre følgende områder Sortland Entreprenør har benyttet og primært ønsker å benytte BIM:

- 1. Tilbudsmodellering i anbudskonkurranser:** For å oppnå god intern prosjektforståelse, kontrollere og hente ut mengder for kalkulasjon, evaluere løsningskvalitet og utforme visualiseringer i tilbudsdokumenter.
- 2. Aktiv modellbruk i prosjekteringen:** For å sikre god tverrfaglig kvalitet i prosjekteringsarbeidet, hente ut mengder for kalkulasjon, sikre byggbare løsninger og bedre byggherrens prosjektleveranseforståelse.
- 3. Aktiv modellbruk i produksjonen:** For å øke prosjektledernes og produksjonsarbeidernes forståelse av utfordringer i produksjonen via visuell kommunikasjon av problemområder, samt til å planlegge produksjonen.

Sortland Entreprenør legger vekt på at 3D-modellene er avanserte og gode, slik at feil kan lukes ut allerede før produksjonsfasen starter. Typiske modelleringskrav som de mener er viktige, er [31];

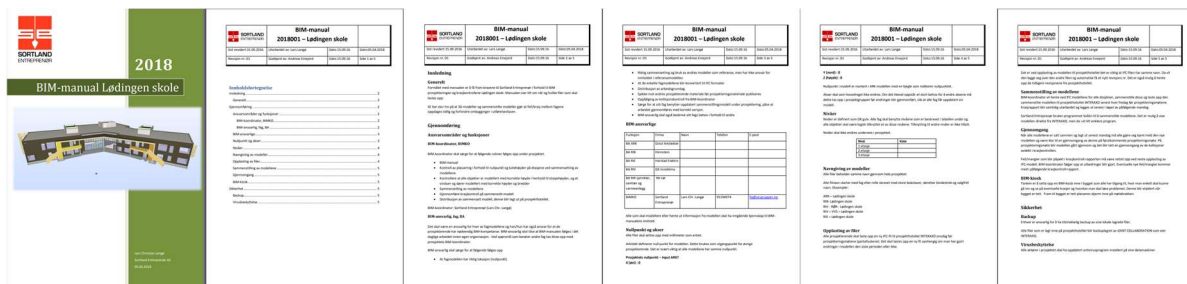
- Modelleringsstruktur – Er modellen satt sammen og eksportert riktig?
- Modelleringskonsistens – Er modellen modellert riktig?
- Krav til hvilke objekter som skal være i modellen
- Krav til objektinformasjon (egenskaper, relasjoner, osv.)

9 Solibri i Sortland Entreprenør

Sortland Entreprenør benytter Solibri Model Checker som verktøy til å analysere, visualisere og kommunisere i bygningsinformasjonsmodellen, samt til kollisjonskontroller og mengdeuttak. Det vil i kommende kapitler beskrives hvilke krav Sortland Entreprenør har til programvaren, hvordan programmet blir benyttet i prosjekter og hvilke effekter dette gir. I forbindelse med å avklare hvordan Solibri blir benyttet i bedriften ble det gjennomført intervjuer med prosjektledere og formenn, samt deltatt på fremdriftsmøter og prosjektmøter. I intervjuene ble hele spekteret av personell dekket, der noen hadde gode kunnskaper og høyt kompetansenivå, mens andre så vidt visste hvordan det kunne brukes. Se Vedlegg 1 for intervjuguide.

9.1 BIM-manual for prosjekter i Sortland Entreprenør

Sortland Entreprenør har foreløpig ikke oppdatert KS-systemet sitt til å omhandle bruk av BIM, men har derimot utviklet en BIM-manual, se Figur 18, med formål om å få frem de kravene de har i forhold til BIM i prosjekteringen. Manualen gir blant annet krav om felles nullpunkt (X,Y,Z=0,0,0), at alle skal følge valgte nivåer og akser, samt ha millimeter som enhet.



Figur 18: BIM-manual.

9.1.1 BIM-koordinator i Sortland Entreprenør

Manualen definerer ansvarsområder i prosjektet. Til hvert prosjekt skal det utnevnes en BIM-koordinator fra Sortland Entreprenør som har ansvar for at BIM-manual blir fulgt opp og at følgende rutiner blir gjennomført:

- Kontroll av plassering i forhold til nullpunkt og kotehøyder på etasjene ved sammensetting av modellene.
- Kontrollere at alle objekter er modellert med korrekte høyde i henhold til etasjehøyder, og at vinduer og dører er modellert med korrekte høyder og bredder.
- Sammenstilling av modellene.
- Gjennomføre kollisjonskontroll på sammenstilt modell.
- Distribusjon av sammensatt modell, denne blir lagt ut på prosjekthotellet (Interaxo).

9.1.2 BIM-ansvarlige for hvert fagfelt

Det skal også være en BIM-ansvarlig for hvert enkelt fag: ARK, RIB, RIE, RIV (VVS), RIV (rør) og/eller RIR (sprinkler). Disse har ansvar for at de prosjekterende har nødvendig BIM-kompetanse og at BIM-manual blir fulgt opp i det daglige arbeidet innen egen organisasjon. BIM-ansvarlig skal sørge for at følgende punkter blir fulgt opp:

- At fagmodeller har riktig lokasjon (nullpunkt).

- Riktig sammensetting og bruk av andres modeller som referanse, men har ikke ansvar for innholdet i referansemodellen.
- At de enkelte fagmodellene blir konvertert til IFC formater.
- Distribusjon av arbeidsgrunnlag.
- Sjekke mot andres prosjekterende materiale før prosjekteringsmateriale publiseres.
- Oppfølging av kollisjonskontroll fra BIM-koordinator.
- Sørge for at sitt fag benytter oppdatert sammenstillingsmodell under prosjektering, samt at arbeidet gjennomføres med korrekt versjon.
- BIM-ansvarlig skal også beskrive sitt fags behov i forhold til andre.

9.1.3 Sammenstilling av modell

Før hvert prosjekteringsmøte vil BIM-koordinator hente IFC-modeller for alle disipliner og sammenstille disse i Solibri Model Checker slik at kollisjonskontroll kan gjennomføres. På møtet blir modellen gått igjennom og det blir tatt en gjennomgang av de kollisjoner som ble avdekket i kollisjonskontrollen. BIM-ansvarlige må deretter rette opp i feil og mangler, slik at det kan kjøres ny kontroll. Det er viktig at BIM-ansvarlige laster opp ny IFC-fil til hvert møte, uavhengig om det er gjort endringer eller ikke.

Tanken er å sette opp en BIM-kiosk inne i bygget som alle har tilgang til, hvor arbeidere enkelt skal kunne gå inn og se på eventuelle krasjer og hvordan problemer kan løses. Denne blir etablert når bygget er tett, og plasseres midlertidig inne på møtebrakken.

9.2 BIM-prosjekter i Sortland Entreprenør

Det er stor forskjell på hvordan Sortland Entreprenør ønsker å bruke Solibri i sine prosjekter, kontra hvordan verktøyet blir brukt. Gjennom intervjuer, møter og telefonsamtaler ble det undersøkt hvordan verktøyer har utviklet seg gjennom bruk i flere prosjekter, samt til hvilket nivå BIM-manual har blitt fulgt opp.

Første 3D-modell fikk Sortland Entreprenør tilsendt i 2014 fra arkitekt av Kulturfabrikken på Sortland. Modell ble ikke brukt til prosjektering eller produksjon, men prosjektledere mente en slik modell kunne komme til god nytte i senere prosjekter. I ettertid ble det utarbeidet modeller til flere prosjekter, men først i 2016 ble første sammensatte modell laget og i 2017 ble første fullverdige BIM-prosjekt gjennomført. I mindre prosjekter benyttes ikke BIM, da det ansees som lite hensiktsmessig å legge mye tid og penger i BIM prosjektering. Alle prosjektene er totalentrepriser.

9.2.1 Første sammensatte modeller; Toyota Nordvik AS og Hålogaland Varmeservice

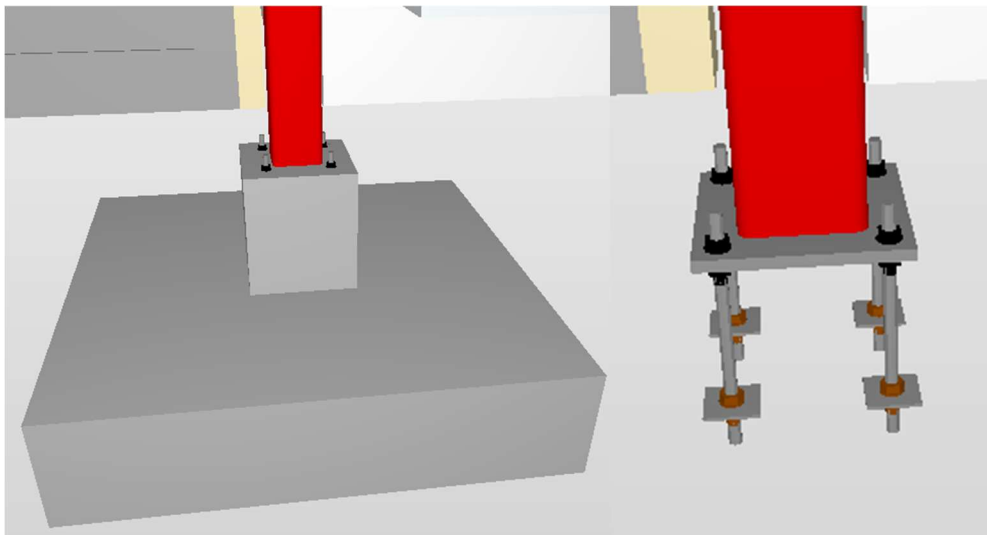
Toyota Nordvik

Fra Mars til Desember 2016 ble Toyota Nordvik AS bygget. Bygget hadde et grunnareal på 1900 m², og ble oppført med bæresystem i stål, yttervegger av sandwichelementer og stålplatetak.



Figur 19: Toyota Nordvik AS på Sortland var første prosjekt det ble laget en sammensatt modell.

I dette prosjektet ble det utarbeidet IFC-modeller for stål, betong og arkitektmodell, men ikke for tekniske fag og armering. Modellene ble sammensatt i en felles modell, slik Figur 19 viser, slik at det kunne hentes ut kontrollmål og visualisere byggetekniske løsninger – blant annet ble det sjekket at stål var plassert rett i forhold til fundamentering, slik Figur 20 illustrerer.

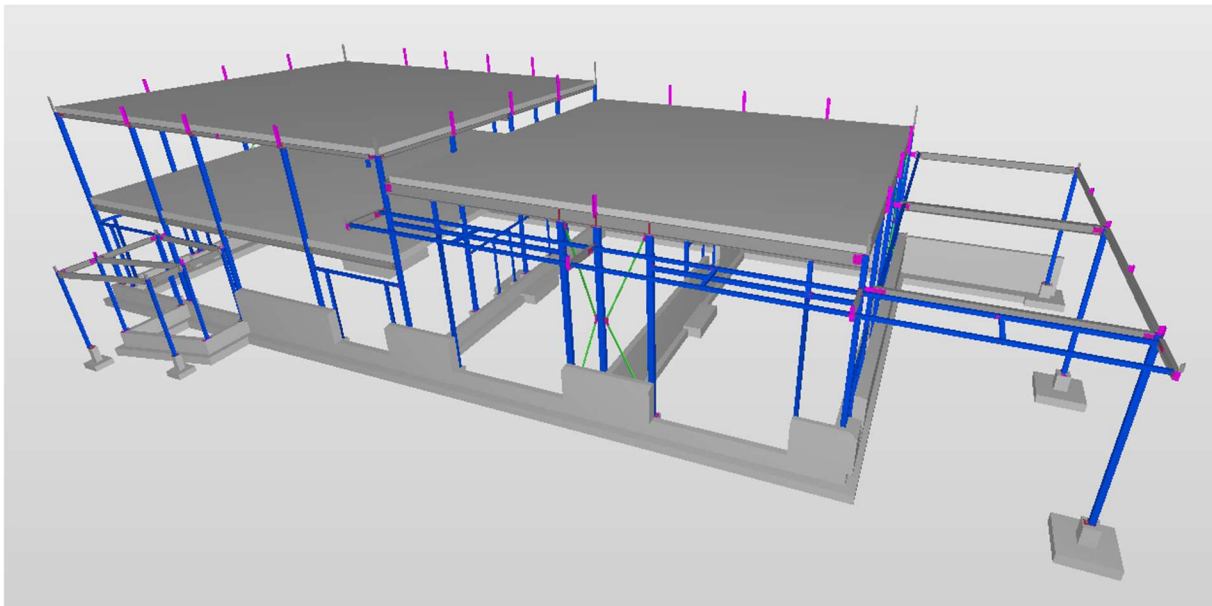


Figur 20: Modell ble brukt til visualisering for å sjekke at stål og fundamentering ble plassert rett i forhold til hverandre, og til mindre detaljer.

Det ble ikke utført noen form for kollisjonskontroll i programvaren.

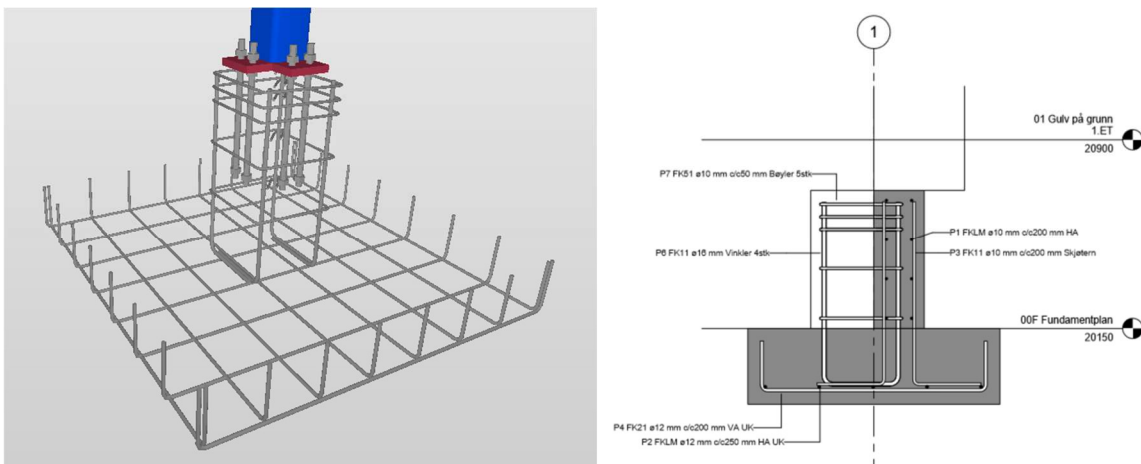
Hålogaland Varmeservice

Hålogaland Varmeservice startet opp høsten 2016 og ble ferdig i Mai 2017. Bygget hadde et grunnareal 400 m² og ble oppført med et bæresystem av stål og hulldekker til tak og etasjeskiller.



Figur 21: Sammensatt modell for betong, armering og stålkonstruksjoner for Hålogaland Varmeservice.

I dette prosjektet ble det sammensatt en modell for betong, armering og stålkonstruksjoner, slik Figur 21 viser, som ble brukt til visualisering og til å ta kontrollmål. Verktøyet ble ikke benyttet til å ta kollisjonskontroller.



Figur 22: 3D-armering gir et mye oversiktligere bilde av armeringen enn armeringstegninger.

Dette var det første prosjektet det ble benyttet 3D-armering, noe som ble en stor suksess. Slik Figur 22 viser gir 3D-modellen en enklere forklaring på hvordan armering skal utføres enn hva armeringstegninger gjør og jobben ble dermed utført mye raskere. For større armeringer vil dette gi enda større gevinst.

9.2.2 Første fullverdig BIM-prosjekt; Risøyhamn skole

Lødingen skole, vist i Figur 23, er det første prosjektet som ble definert som et fullverdig BIM-prosjekt. Til dette prosjektet ble det utarbeidet en BIM-manual, som beskrevet i kapittel 9.1. Skolen er på hele 3465 m² fordelt over to etasjer og tre klasseromsfløyer, med en kontraktssum på ca. 107 000 000 kroner inkludert moms. Prosjektet startet opp sommeren 2016 og sto ferdig til jul 2017.

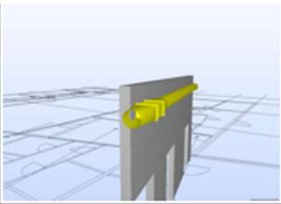
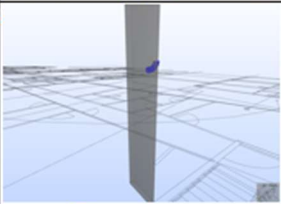
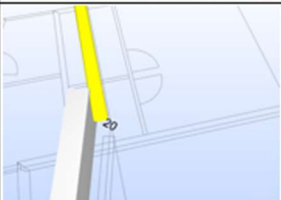


Figur 23: Risøyhamn skole.

I dette prosjektet ble det sammenstilt modell for alle fag, bortsett fra for RIV (rør). For sprinkleranlegg måtte Sortland Entreprenør leie inn et eget selskap til å tegne modell. BIM har likevel hatt stor verdi for prosjektet, og som formann og prosjektleder på prosjektet sier; *det kan hentes mye frustrasjon ut fra 3D-modellen.*

Kollisjonskontroll

Solibri ble i dette prosjektet benyttet til kollisjonskontroll mellom tekniske fag, mellom ARK- og RIB-modeller, samt mellom tekniske fag og ARK/RIB. Figur 24 viser noen kollisjoner og feil som ble avdekket under kollisjonskontroll.

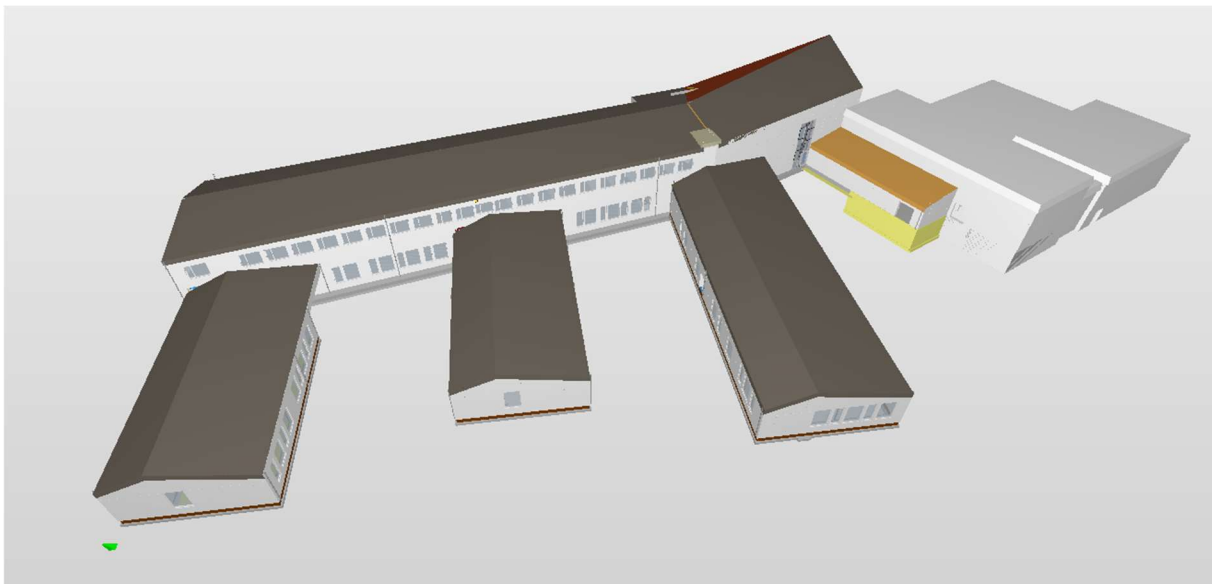
26-Jul-2017	lla@se-gruppen.r	(A) Wall.2.201 (B		kanal ligger delvis i betongvegg
10-Mar-2017	aei@se-gruppen.r	(A) Wall.2.221 (R		Sprinkel krasjer med vegg inne på rom B1240. SE sjekker om vegg må bygges helt opp til UK dekke
26-Jul-2017	lla@se-gruppen.r	(A) Wall.2.233 (Yt		Kanal krasjer med vegg

Figur 24: Eksempler på kollisjoner som blir avdekket ved kollisjonskontroll.

Det var likevel ikke alle kollisjoner som ble oppdaget. Årsaken til dette er at kollisjonskontroll ikke ble fulgt opp lenge nok i prosjektet, samt at noen modeller ble sent lagt inn. Én av modellene ble først levert når prosjektering var ferdig, noe som skapte problemer for alle fag og gjorde at viktige feil ikke ble avdekket før byggefasen var i gang. I neste prosjekt vil det dermed være viktig å legge vekt på å få inn alle aktører tidligst mulig, slik at mest mulig feil kan lukes ut på et tidlig stadium. Fordelen med kollisjonskontroll i Solibri er at feil kan oppdages 2-3 måneder før produksjon, noe som øker effektiviteten ute på byggeplassen.

Visualisering

3D-modellen var veldig nyttig til å orientere seg rundt i bygget og til å visualisere hvordan bygget blir i virkeligheten, slik Figur 25 viser. Modellen gjorde det enklere å kommunisere med brukere og interessenter, og ble derfor mye brukt under møter. For en skole er det mange ulike brukere som ikke kan lese byggetegninger, så det å vise en 3D-modell gav en langt større effekt enn å kun vise plantegninger. Visualisering av modellen gjør det enklere for både brukere, interessenter, aktører og entreprenør å se for deg de resultater de ønsker.



Figur 25: Visualisering av modell er nyttig under møter.

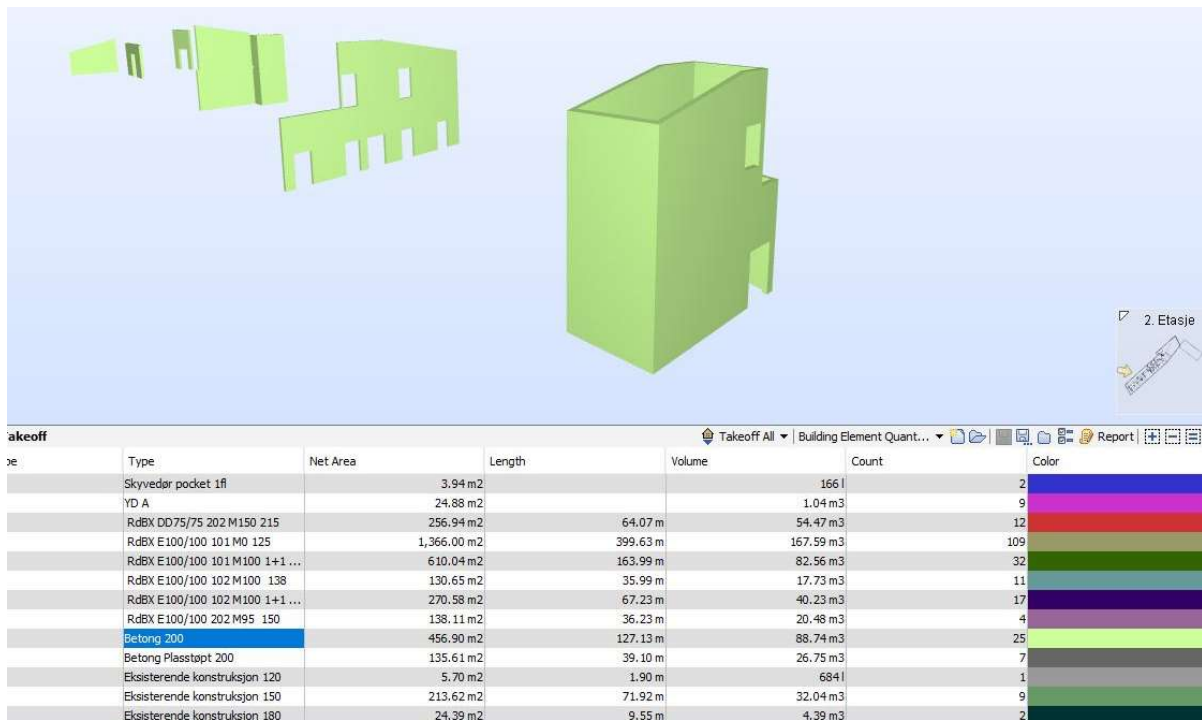
Visualisering av modell forenkler også planleggingsprosessen ute på byggeplassen. Det blir enklere for formann og prosjektleder å planlegge arbeidet ute på byggeplassen og hente ut nødvendig informasjon selv, noe som er tidsbesparende og effektivt siden de slipper å vente på hjelp fra arkitekt.

3D-armering

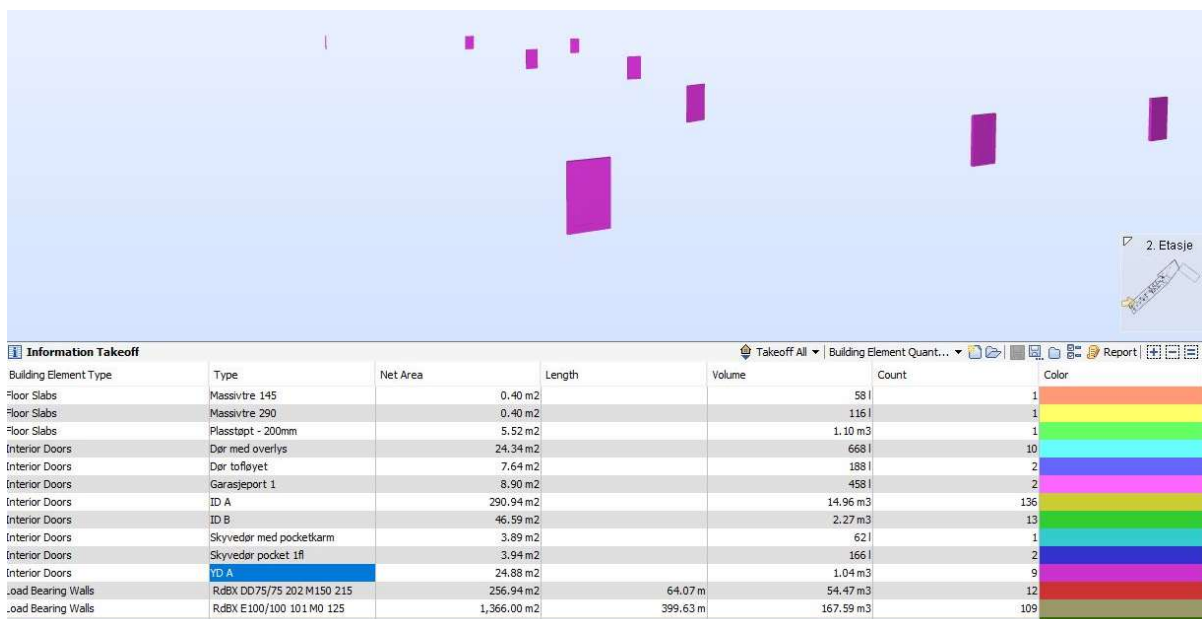
Spesielt for 3D-armering har visualisering gitt effekt. Armeringstegninger viser hvordan det i planet skal monteres, og med hjelp av 3D-modellen kunne man se hvordan det ville bli i virkeligheten. Det ble tatt ut punktfundamenter som viste hvordan armering skulle se ut, noe som ga økt forståelse for utførelse av arbeidsoppgave.

Mengdeuttak

I dette prosjektet ble mengdeuttak benyttet ved beregning av anbud, under prosjektering og til bestilling av varer. Det er mulig å hente ut både antall og mengder kubikkmeter, slik Figur 26 og Figur 27 illustrerer. I dette prosjektet var anbudstegninger gjeldende, dvs. at IFC-modell kun var et hjelpemiddel og kunne inneholde feil antall mengder. Noen bygningsdeler ble dermed hentet ut fra modell, mens andre ble beregnet på den tradisjonelle metoden. Under prosjektering ble modell benyttet til varebestilling. Det ble da hentet ut nøyaktige mål og antall, noe som gjorde det mulig å blant annet bestille ferdiggjort materiale.



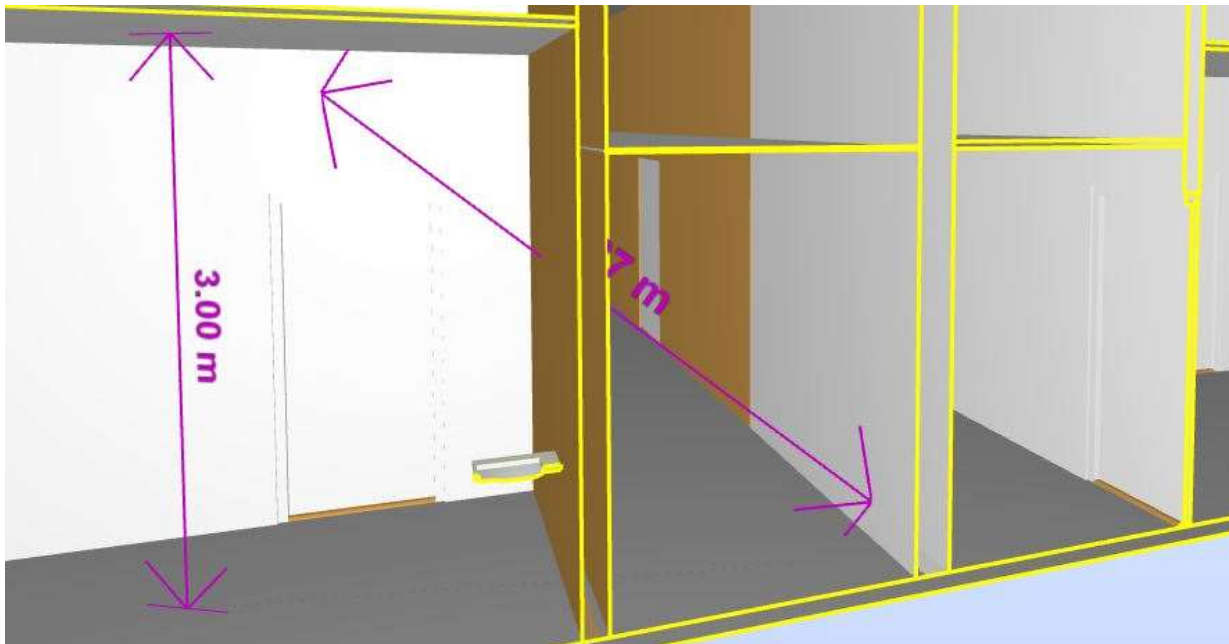
Figur 26: Mengdeuttak av betongvegger 200 mm.



Figur 27: Mengdeuttak av antall ytterdører i bygget.

Målinger i modell

Også målefunksjonen i programmet var nyttig, men likevel ikke tilfredsstillende. Det var enkelt å ta mål, men i noen tilfeller ble mål skjult inne i vegger slik Figur 28 illustrerer.



Figur 28: Målefunksjonen var nyttig, men i noen tilfeller ble mål skjult i vegger og andre elementer.

BIM-kiosk

BIM-kiosken besto av en 60'' flatskjerm, koblet til en datamaskin, slik Figur 29 viser. Grunnet fare for støv- og vannskader ute på byggeplassen, var den plassert inne på brakka. Her var modellen alltid tilgjengelig for arbeiderne, men den ble likevel kun benyttet under møter. Årsaken til dette kan skyldes at BIM-kiosken ikke var lokalisert og lett tilgjengelig ute på byggeplassen, og at det var like enkelt å få forklaring og bilder utskrevet av formann.



Figur 29: BIM-kiosk på "Risøyhamn skole" var en 60'' TV.

BIM i fremtiden

Tilgjengelig modell på byggeplass

I nye prosjekter bør modell være tilgjengelig på byggeplass, fordi dette kan gi mindre feil og økt effektivitet. Det bør enten finnes løsning på hvordan BIM-kiosk kan stasjoneres lett tilgjengelig for alle arbeidere ute på byggeplassen, eller så er et alternativ å få modeller tilgjengelig på mobiltelefon. De aller fleste har smarttelefoner i dag og ved bruk av en app vil alle ha enkel tilgang.

Verktøy for avvik

I dag tas det mange hundre bilder av prosjektet og avvik legges inn i et eget system. Hvis det hadde vært et verktøy tilgjengelig hvor man kunne markert feil og avvik på plantegninger og i 3D-modell med bilder, ville det vært enklere å spore opp i ettertid. Man vil i tillegg vite nøyaktig hvor bildet er tatt.

9.2.3 Første sammensatte modell med alle tekniske fag; Sortland Senter

Sortland Senter er et pågående prosjekt til nesten 100 millioner kroner. Prosjektet startet opp i månedsskifte mai/juni 2017, og som skal stå ferdig 20. juni 2018. Sortland Entreprenør er totalentreprenør og skal utvide senteret med en helt ny etasje, slik at senteret totalt får et bruttoareal på ca. 12 000 m². Som underentreprenører er det valgt å samarbeide med El-Team, Nilsson Haras, Harstad Luftteknikk og SMT.



Figur 30: Sortland Senter består av kun én etasje før utbygging.

2. etasje blir oppført med SWT-bæresystem; et system hvor stålsøyler og bjelker fylles med betong, som skaper en samvirkekonstruksjon mellom bæresystemet og hulldekkene.



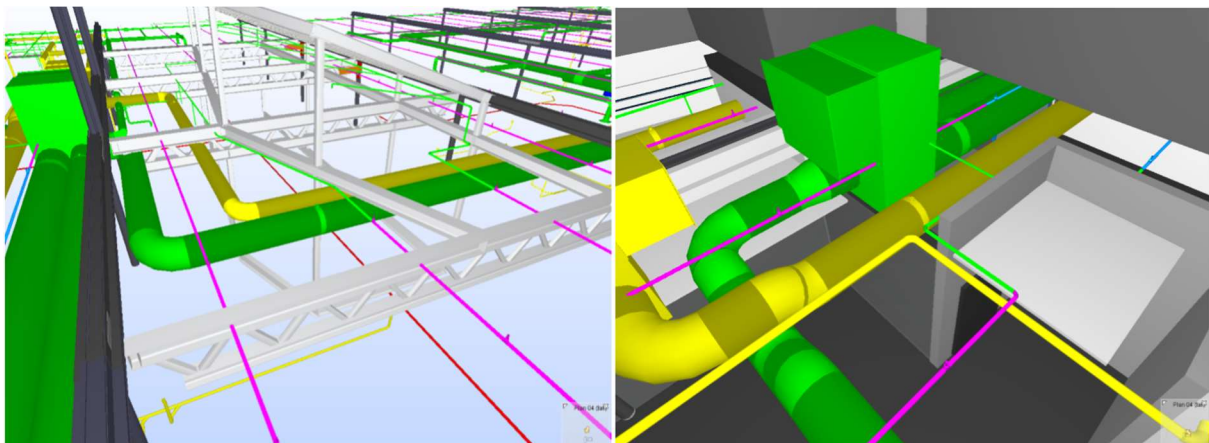
Figur 31: 3D-modell viser hvordan Sortland Senter blir seende ut med to etasjer.

Sortland Senter er første prosjekt der 3D-modell er blitt levert fra alle tekniske fag; ARK, RIB, RIV (rør og VVS), RIE og RIR sprinkler. Disse modellene ble sammenstilt i én modell og lagret som en modell i Solibri Model Checker (*.smc-fil) på prosjekthotellet.

I prosjektet ble det benyttet 3D-modeller (IFC-filer) til kollisjonskontroll og visualisering, og plantegninger (DWG-filer) til detaljplanlegging og å finne løsninger. 3D-modellen forenklet både planleggingsprosessen og prosjekteringen, og det var ikke lengre nødvendig med lang erfaring i å kunne lese plantegninger. Dermed var det mulig med unge prosjektledere.

Kollisjonskontroll

Dette er det første prosjektet det er blitt gjennomført en fullstendig kollisjonskontroll i Solibri. Det har dermed blitt avdekket kollisjoner mellom tekniske fag og bærekonstruksjoner i prosjekteringsfasen, som har spart arbeiderne ute på byggeplassen for mye omarbeid og tid, samt stopp og avklaringer. Som illustrert i Figur 32 gir det spesielt stor gevinst for tekniske fag, der det er mye rør, kanaler og føringer som kan være vanskelig å koordinere med kun plantegninger.



Figur 32: Viser sprinkleranlegg som kolliderer med ventilasjonskanaler og gitterdragere.

I utgangspunktet skulle kollisjonskontroller være grunnlaget for alle prosjekteringsmøter. I starten av prosjektet ble det gjennomført kollisjonskontroll foran hvert møte når nye modeller ble lagt inn, slik at rapport med kollisjoner kunne sendes ut til underentreprenører. Kollisjoner ble deretter gjennomgått på

møtene, slik at det ble tid til å rette opp feil i forkant av produksjonen på byggeplassen. Dette burde vært gjennomført i hele prosjektgjennomføringen, men etter hvert som prosjektet gikk seg til og det ble dårligere med tid, ble dette bortprioritert.

Visualisering

Modellen ble brukt mye til visualisering av bygget i forbindelse med fasadearbeider, plassering av vinduer og glassfelt, og til montering av fasadeplater. I tillegg var modellen viktig for å se hvordan ny bærekonstruksjon og nye installasjoner gikk sammen med de eksisterende.

Under byggemøter ble modellen brukt til navigering og til å visualisere hva som er utført og hva som gjenstår av arbeid, samt til å gi et helhetsbilde av prosjektet. Siden modellen også gjør det enklere å se sammenheng mellom fag og høyder, var visualisering av modell veldig nyttig ved diskusjoner av spesifikke problemer og løsninger, som for eksempel plassering av VVS-utstyr, om det er plass til bygningsdeler og porter, osv.

På byggeplass ble modell også brukt av formann til å få et overblikk over hva som skulle produseres, slik at det ble enklere å utarbeide ukeplaner. Ved spørsmål fra underentreprenører og egne arbeidere, kunne formenn enkelt hente ut bilder og mål fra modell på kontoret.

Mengdeuttak

I dette prosjektet ble ikke modell benyttet til mengdeuttak. Den største årsaken til dette er at prosjektledere og formenn ikke stolte på modell levert fra arkitekt og mente den ikke var pålitelig nok til å hente ut mengder. Derfor ble alle mengder regnet ut på tradisjonell metode.

BIM i fremtiden

BIM-kiosk

I dette prosjektet var ikke modell tilgjengelig ute på byggeplassen. Prosjektledere og formenn mener det burde vært en BIM-kiosk hvor arbeiderne har enkel tilgang til modell, slik at de blant annet kan hente ut ønskede mål selv og se på løsninger til kollisjoner. Det står allerede et bord med blant annet varslingsplan, førstehjelp og brannslukkingsapparat, hvor det også kunne vært plassert en BIM-kiosk. Ved bruk av BIM-kiosk kunne mange spørsmål blitt løst ute på byggeplass uten at arbeiderne må ta kontakt med formann og/eller prosjektleder, og med utgangspunkt og gitt at modellen er rett, så hadde det blitt produsert mindre feil. Modellen er alltid oppdatert, og det minsker faren for å jobbe etter utdaterte tegninger og gamle eksemplarer.

FDV

Gjør man grundigere prosjektering, kan man hente FDV rett ut av 3D-modell. Dette ville vært en stor fordel å slippe og sitte etter prosjektet er ferdig å hente inn all informasjon, som tar mye tid. I noen prosjekter er FDV'en i IFC-fila. På sikt vil dette være enklere for brukere.

9.2.4 3D-armering; Ånstadblåheia vindmøllepark

Sortland Entreprenør skal levere fundament og grunnentreprisen i forbindelse med byggingen av Ånstadblåheia Vindmøllepark. Dette er et pågående prosjekt, som illustrert i Figur 33, som startet opp sommeren 2017 og skal være ferdig sommeren 2018.



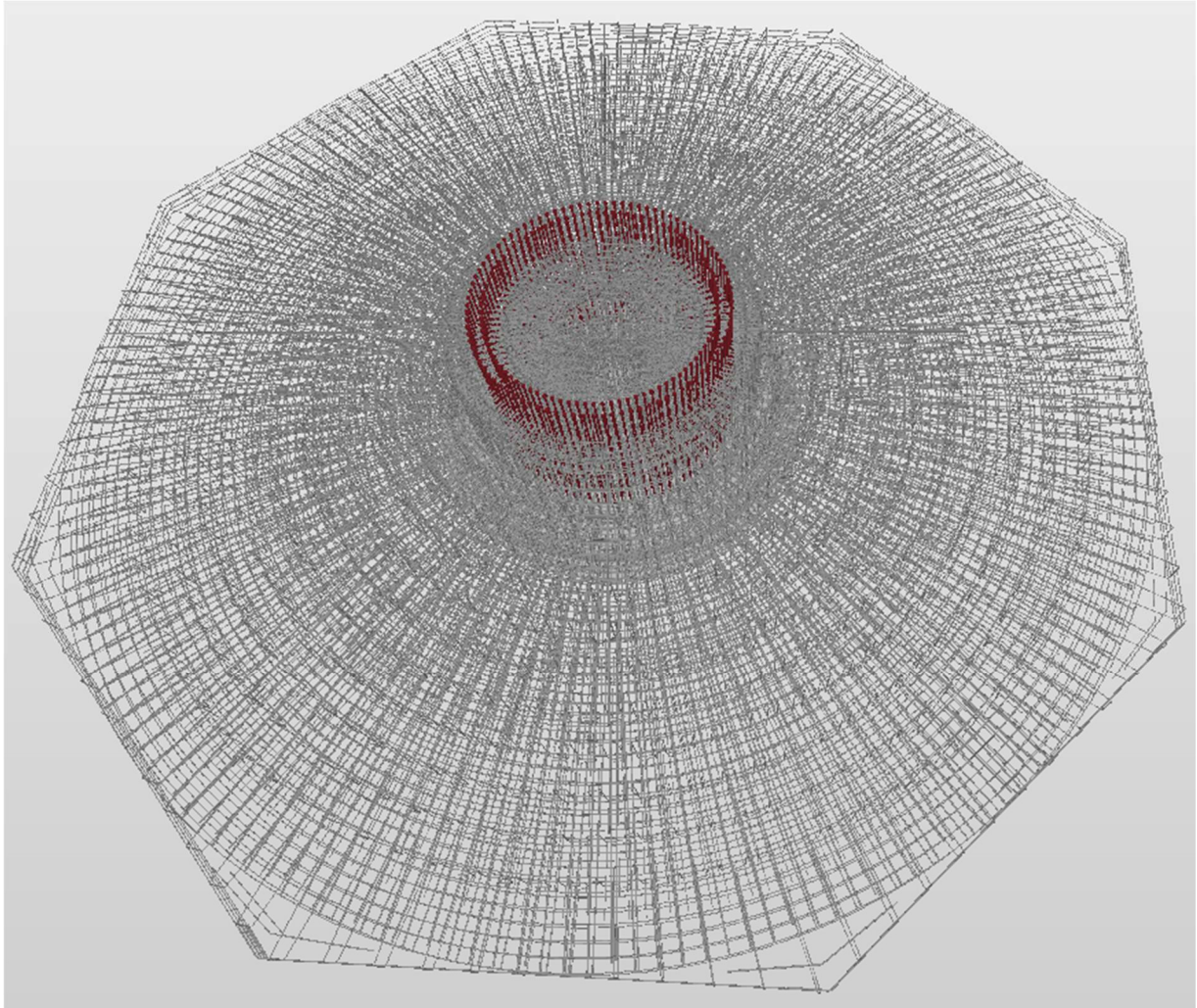
Figur 33: Lokale entreprenører bygger vindmølleparken, og Sortland Entreprenør har ansvar for fundamentene.

Arbeidet består av:

- 14 fundament for vindmøller med tårnhøyde 87 m og rotordiamenter på 126m. Hvert fundament består av ca. 50 tonn armering og ca. 400 – 450 m³ betong.
- Komplet servicebygg i to etasjer på ca. 215 kvm
- Komplet trafob bygg på ca. 205 kvm

Fundamenter i vindmøllepark

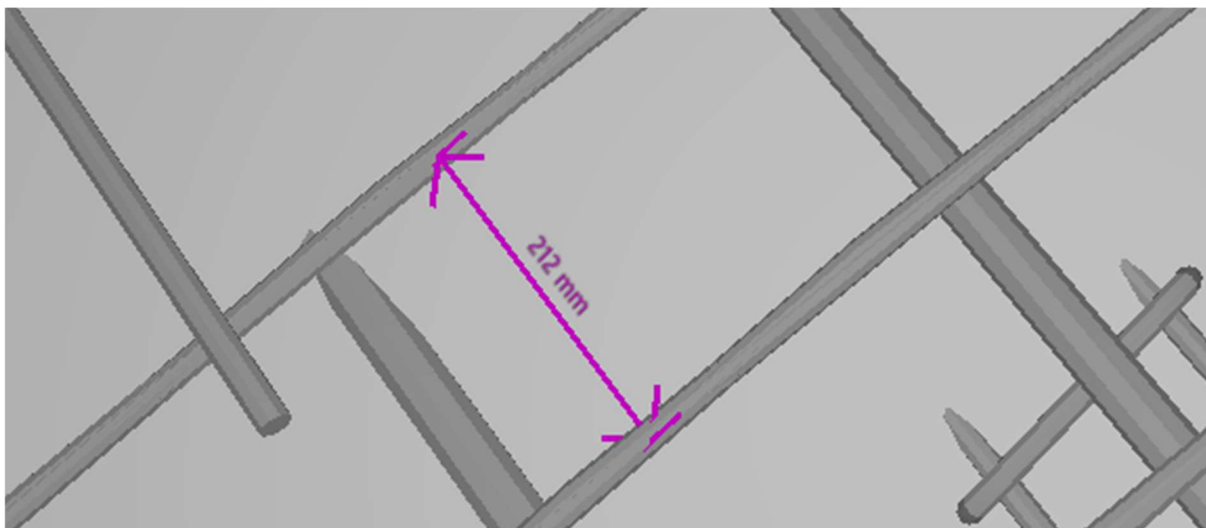
I dette prosjektet er det kun for fundamenter til vindmøller det er utarbeidet 3D-modeller. Servicebygg og trafobygg er enkle prosjekter, og det er derfor ikke brukt ressurser og tid på å utvikle modeller for dette, da dette ikke anses som lønnsomt.



Figur 34: Fundamenter til vindmøllene består av ca. 50 tonn armering og 200 bolter.

Fundamentene til vindmøllene består av 400-450 m³ betong og ca. 50 tonn armering, og som Figur 34 viser er dette et krevende og komplisert prosjekt. Siden fundamentene inneholder så store mengder armering, har 3D-modellen hatt en helt unik rolle. Hvis man sammenligner 3D-modell i Figur 34 med armeringstegninger i Figur 35 kommer det tydelig frem hvor mye enklere det er å lese en 3D-modell enn en armeringstegning. Det er ikke lengre nødvendig med mange års erfaring for å tolke tegninger.

I dag er 11 av 14 fundamenter ferdige, og Sortland Entreprenør ligger foran fremdriftsplanen. Dette kan trolig skyldes at 3D-armering har effektivisert produksjonen.



Figur 37: Senteravstand kan enkelt måles i modell.

Tilgjengelig modell

Før prosjektet startet ble det vurdert å etablere en BIM-kiosk på anleggsplassen slik at arbeiderne enkelt kunne visualisere armering i modellen. Men modell var kun tilgjengelig i brakkerigg som lå et godt stykke unna vindmøllene og anleggsaktiviteten, slik Figur 38 viser. Derfor var det kun formann og prosjektledere som hadde tilgang til modell, og før bygging av fundamenter måtte utførelse av armering visualiseres nede på brakkerigg.



Figur 38: Tilgang på BIM-modell var plassert et godt stykke unna anleggsplass og vindmøller.

9.2.5 Kommende prosjekt; Lødingen skole

12. februar 2018 ble det skrevet kontrakt for Lødingen skole av en verdi på vel 118 millioner kroner. Det skal bygges en 1-10-skole med kultursal, som skal være ferdig til innflytting 23. juli 2019.



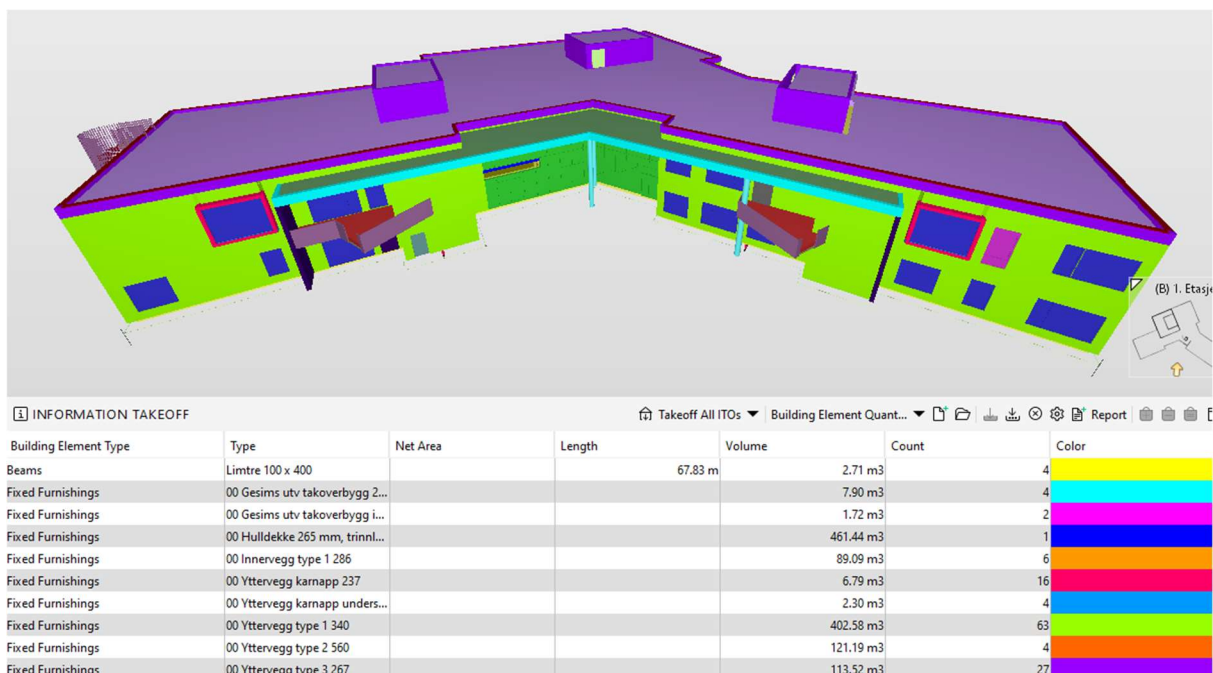
Figur 39: Sammensatt modell for Lødingen Skole.

Lødingen skole skal ha et bæresystem av betong, og hulldekker til etasjeskiller og tak, slik Figur 39 viser. Detaljprosjekteringen pågår for fullt den dag i dag, og alle underentreprenører er kontrahert. Ute på byggeplassen er også aktiviteter startet opp, og nå i mai ble forskalingsarbeidet påbegynt.

I kontraktgrunnlaget hadde byggherre, Lødingen Kommune, satt tydelige krav om BIM.

Anbudsberegning

For dette prosjektet var IFC-modell vedlagt i og en del av anbudsgrunnlaget, og det kunne dermed hentes ut mengder fra modell ved anbudsberegning uten å bekymre seg for feil. Hvor mye mengder man kan hente ut avhenger av detaljeringsgrunnlaget til modellen. For dette prosjektet ble det hentet ut mengder for innervegger, yttervegger og innvendige glassfelt, slik Figur 40 viser, mens for betongarbeider ble det beregnet mengder for hånd. Betongmengder kunne også blitt hentet ut fra modell, men grunnet ulik kompetanse og kunnskapsnivå for prosjekterende, er det ikke alle som har kunnskap til å benytte seg av funksjon i modell.

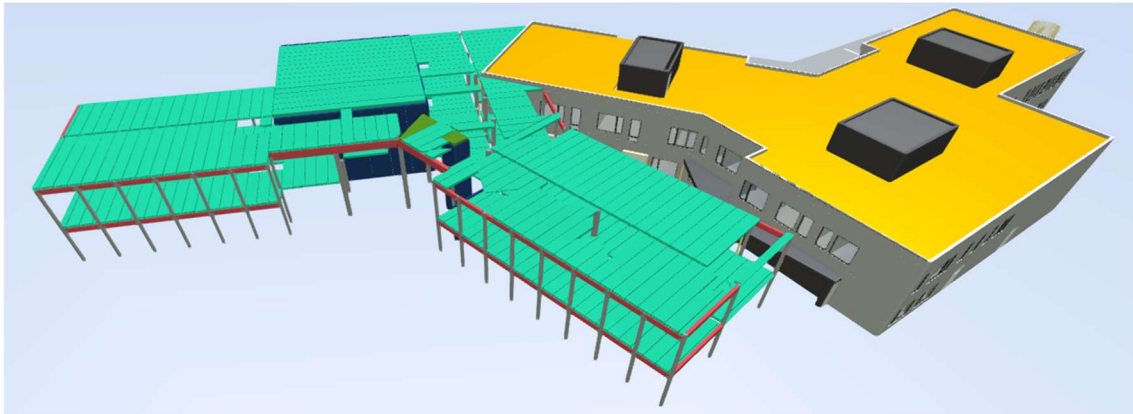


Figur 40: Mengdeuttak fra IFC-fil i anbudsgrunnlaget.

BIM i prosjektering

For Lødingen Skole er det utarbeidet BIM-manual og som beskrevet i kapittel 9.1 har den som formål å få frem kravene Sortland Entreprenør har i forhold til BIM i prosjekteringen og til kollisjonskontroller.

I kontrakt med underentreprenører er det krav om at alle underentreprenører skal levere IFC-modell, som skal sammenstilles i en felles modell slik at kollisjonskontroll kan gjennomføres. Til nå er det i utgangspunktet mottatt modeller fra alle underentreprenører, men på grunn av feil nullpunkt i RIB-modell som vist i Figur 41, venter BIM-koordinator på oppdatert modell slik at kollisjonskontroller kan startes opp.



Figur 41: RIB-modell er plassert i feil nullpunkt.

Kollisjonskontroller forventes å starte opp i nærmeste fremtid, for å luke ut feil og mangler. Det forventes opp imot 2000 kollisjoner, der kollisjoner mellom RIB og ARK er godkjente.

9.3 Oppsummering av funksjoner og effekter

Her vil det skrives en overordnet oversikt og et sammendrag over hvilke funksjoner Sortland Entreprenør bruker i Solibri og hvilke effekter dette har gitt produksjonen. Informasjon er hentet fra BIM-manual, intervjuer, møter, telefonsamtaler og tidligere

9.3.1 Visualisering

Funksjon

Sortland Entreprenør benytter visualisering av 3D-modell i Solibri i all hovedsak til å få en bedre forståelse for byggetekniske løsninger, da spesielt 3D-armering, og hvordan sluttproduktet skal bli. Visualisering brukes også i relasjon til andre BIM-prosesser [32]:

1. Romprogrammering

- Visualisering av romplassering i modell
- Vise avstander og relasjoner mellom rom av forskjellige typer
- Vise romtyper filtrert på spesifikke egenskaper
- Vise løsninger fra tidlig skisseprosjekt fra arkitekt overfor sluttbruker for å validere og eventuelt revidere krav

2. Kollisjonskontroll

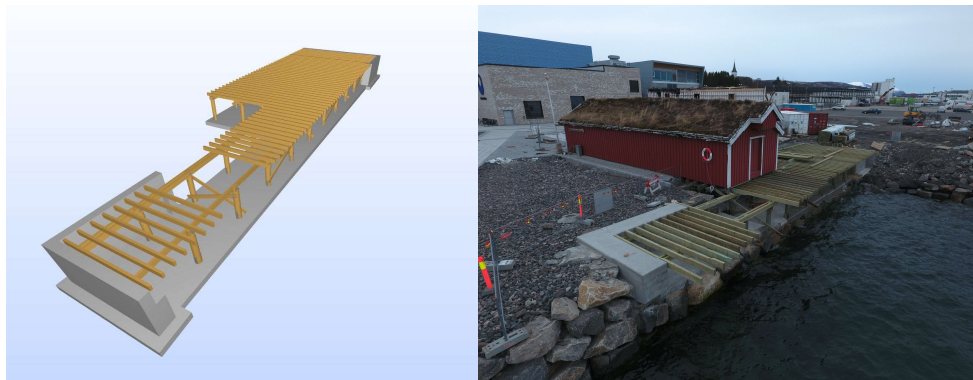
- Visuell kollisjonskontroll og vurdering av byggbarhet
- Dokumentasjonsgrunnlag ved tverrfaglig kollisjonskontroll
- Illustrasjon av geometrisk kollisjonskontroll

3. Kalkyle

- Visualisering av mengder
- Kontroll av bygningselementers plassering

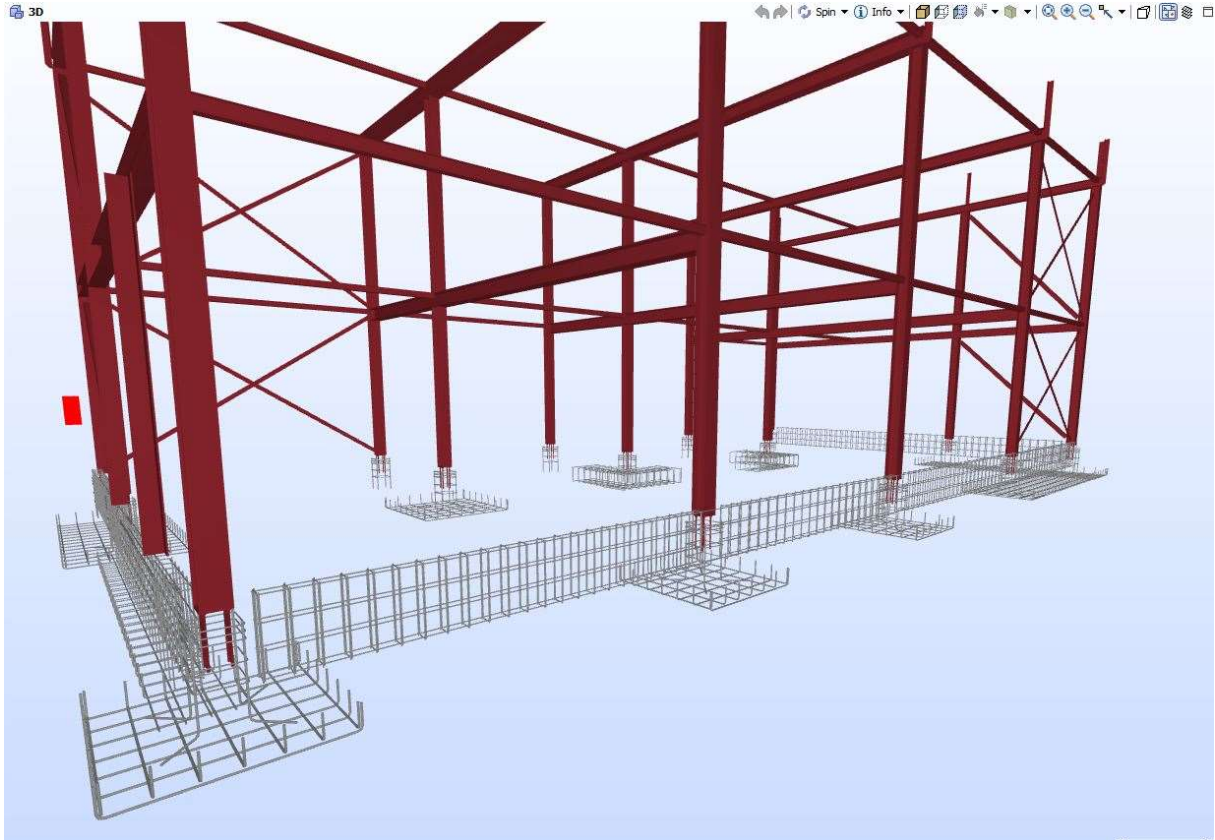
Effekter

Visualisering av 3D-modell i Solibri gir Sortland Entreprenør nytte i form av bedre forståelse av kompliserte byggetekniske løsninger. Modellen gir et bedre helhetsbilde av virkeligheten, slik Figur 42 illustrerer, gitt at det ikke gjøres store manipuleringer av grunnlagsdataene. Visualisering gir større fleksibilitet for å se og oppleve alternative løsninger, og gir en bedre kommunikasjonsform mellom prosjekterende, oppdragsgiver og utførende. I anbudsfasen benyttes modellen til å gi bedre forståelse for tekniske løsninger og byggesekvens, og i produksjonsfasen benyttes visualisering til å kommunisere byggetekniske løsninger til involverte aktører, samt til å planlegge produksjon. I produksjonsfasen skrives det ofte ut tegninger av 3D-modellen, i tillegg til plantegninger, som gis ut på byggeplass.



Figur 42: Bildene viser hvordan man kan sammenligne en 3D-modell opp mot virkeligheten.

3D-armering er muligens det som har gitt de største effektene. I stedet for å kun benytte seg av 2D-tegninger, gir 3D-modellen en langt bedre forståelse for oppbygging av armering i virkeligheten. Tidligere kunne enkelte armeringstegninger være vanskelige å tyde, og nå har behovet for lang erfaring i å lese/tolke armeringstegninger bortfalt. Den tradisjonelle armeringstegningen er en skjematisk og teoretisk måte å fremstille armeringen på, og med 3D-armering bygger man virtuelt. Spesielt for store konstruksjoner gir 3D-armering gevinst.



Figur 43: 3D armering gir et langt bedre visuelt bilde enn vanlige armeringstegninger og forenkler arbeidet til betongarbeiderne betydelig.

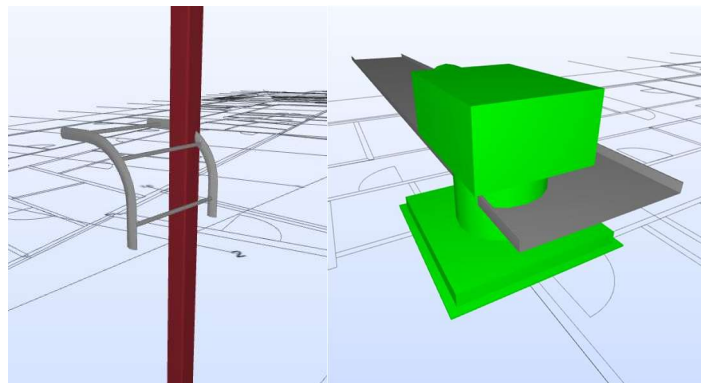
Slik Figur 43 viser gir 3D-armering et veldig enkelt bilde av hvilket arbeid som skal utføres, og spesielt for store konstruksjoner spares mye tid i å slippe å tyde tegninger. Det blir også enklere for nyutdannede, som ikke har lang erfaring og kunnskap i å lese 2D-tegninger.

9.3.2 Kollisjonskontroll

Funksjon

I Sortland Entreprenør blir kollisjonskontroll aktivt brukt i starten av prosjektene for å avdekke kollisjoner i tidlig fase. Dette er en analyse som har stor nytteverdi i BIM-prosjekter og som i utgangspunktet har som eneste krav å følge med objektgeometrien i de ulike fagene – vanligvis ARK, RIB og RIV/RIE. Sortland Entreprenør ønsker å utføre tre hovedkategorier av denne analysen:

1. **Kollisjon mellom ARK- og RIV/RIE-modeller eller RIB- og RIV/RIE-modeller:** Analysen har som formål å sikre at tekniske installasjoner og objekter får nok plass innenfor bygningsskallet. I tidlig fase er målet å avklare at bærende elementer og tekniske komponenter ikke kolliderer, samt at tekniske komponenter har nok plass rundt seg for montering og service. Figur 44 viser eksempel på kabelbro som krasjer med en stålsøyle.
2. **Kollisjon mellom ARK- og RIB-modeller:** Dette er en konkret analyse der det er ment at objekter skal kollidere. ARK og RIB arbeider delvis med samme objekter i bygningen, og ideelt sett skal RIB-dekker og ARK-dekker være plassert på nøyaktig samme sted. Det samme gjelder søyler, bjelker osv. Figur 44 viser kollisjon mellom ventilasjon og kabelbro.
3. **Kollisjonsdeteksjon mellom tekniske modeller:** Denne analysen sjekker kollisjoner mellom de tekniske modellene – VVS, elektro, rør, sprinkler, osv.



Figur 44: Bilde til venstre viser krasj mellom stålsøyle og kabelbro, og bilde til høyre mellom ventilasjon og kabelbro.

Effekter

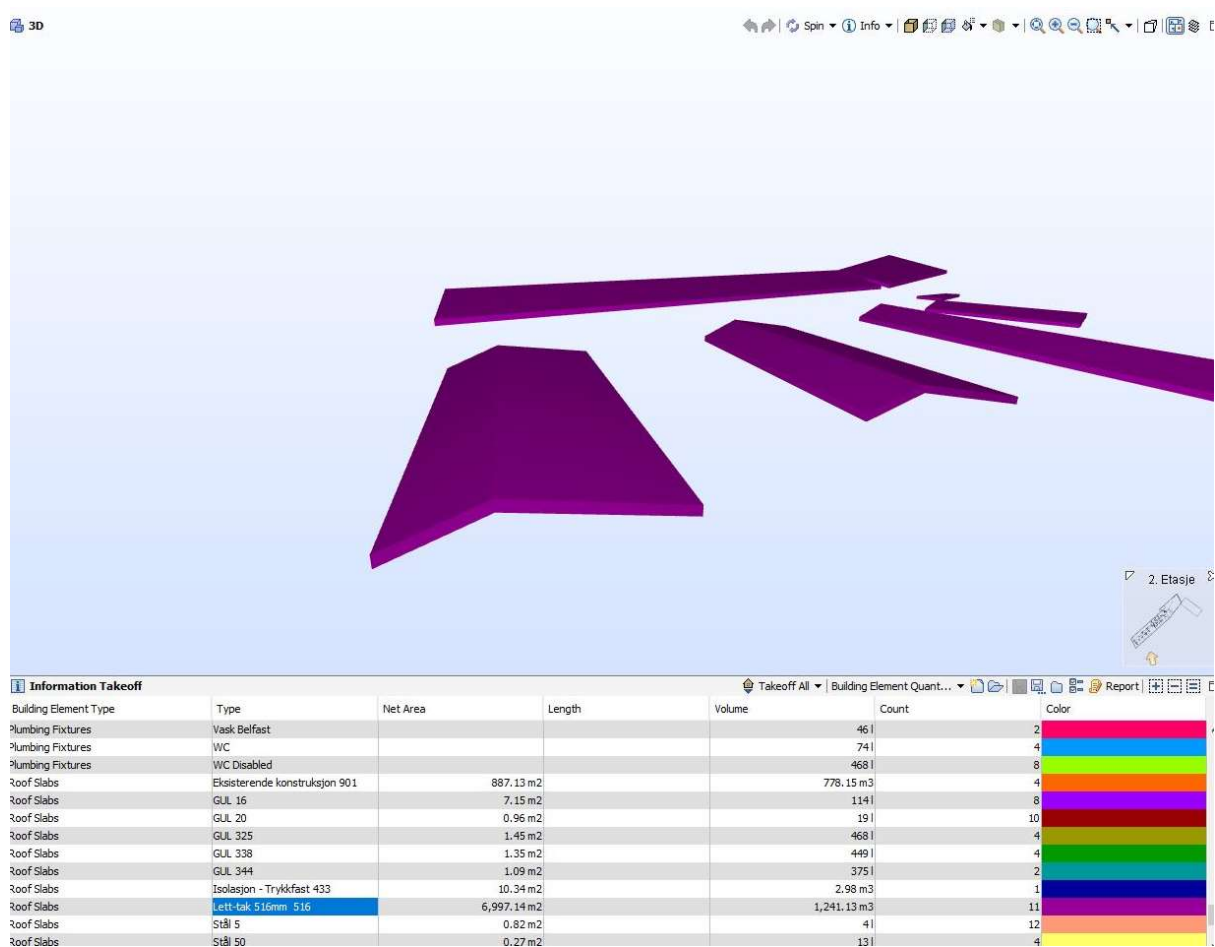
Kollisjonskontrollene skaper mindre overraskelser når byggingen pågår, og mange feil i modell blir løst allerede i prosjekteringsfasen. Dette sparer bedriften for store tilleggskostnader, siden det ikke blir brukt unødvendig tid på å oppklare og løse problemer i produksjonsfasen. Spesielt for de tekniske fagene gir kollisjonskontroller stor gevinst. I følge intervjuobjektene har Sortland Entreprenør fortsatt et stykke å gå innenfor kollisjonskontroll. Det er fortsatt kollisjoner som blir oppdaget i byggefase, og derfor bør de legge enda større vekt på gjennomføringen av kollisjonskontroll for å luke ut enda flere feil.

9.3.3 Mengdeuttak

Funksjon

Sortland Entreprenør ønsker å utføre mengdeuttak i ulike nivåer og til ulike formål gjennom hele prosjektets og bygningens levetid. En riktig utarbeidet BIM gir rask og presis oversikt over mengder. Kvaliteten på de produserte mengdene avhenger imidlertid alltid av kvaliteten på informasjonen som er lagt inn, derfor er konsistens den viktigste egenskapen ved en BIM-modell når det gjelder mengdeuttak.

For å identifisere mengder fra en BIM-modell, er det to alternativer. De kan enten måles/analyseres ut fra objektene geometri, eller de kan leses ut fra objektets mengde. Den første metoden er mer kompleks, mens sistnevnte er mer avhengig av at BIM/DAK-verktøyet har brukt riktig metode for tildeling av mengder til de ulike objektene og at BIM-modellmakeren har modellert en konsistent BIM.



Figur 45: Mengdeuttak på Solibri effektiviserer prosessen og benyttes i anbudsfasen og til varebestilling.

Effekt

I Sortland Entreprenør blir mengdeuttak brukt i anbudsfasen til beregning og i prosjekteringen til varebestilling. Ved å bruke Solibri blir prosessen for mengdeuttak effektivisert, og man slipper manuelt arbeid med målestav og beregning av areal av vegger, samt telle antall dører osv. Man unngår samtlige menneskelige målefeil, som gir miljøbesparelser gjennom mindre avfall på unødvendige materialer som blir bestilt og ikke ønsket/brukt. Solibri gir i tillegg stor gevinst innenfor varebestilling, siden modellen gir korrekte antall av varer.

9.4 Nye behov og muligheter

Gjennom intervjuer ble prosjektledernes, daglig leder og formenns behov undersøkt. Det ble blant annet poengtert at det burde vært bedre kursing innenfor Solibri og MS Project. I MS Project ble det poengtert at bruk av ressursstyring ville gi stor gevinst, samt synkronisering opp mot ByggOffice. Det ville vært en stor fordel og tidsbesparende hvis postene i ByggOffice kunne blitt overført til MS Project som aktiviteter. Dette vil føre til strengere krav til utarbeidelse av postene i ByggOffice etter kalkylen er blitt satt opp.

Sortland Entreprenør ønsker nå å videreutvikle bruken av BIM for å få ut gevinstene bruken av modeller gir. I første omgang ser de for seg å benytte programmet som fremdriftssimulering (4D) og å gi åpen tilgang av modell på byggeplass, enten via BIM-kiosker eller nettbrett/mobil.

9.4.1 3D-modell tilgjengelig på byggeplass

Et ønske er å ha tilgjengelig 3D-modell via BIM-kiosker, mobiltelefoner eller nettbrett ute på byggeplassen. Ved bruk av digital 3D-modell vil arbeiderne alltid ha enkel tilgang til siste oppdaterte tegninger og modeller, og dette vil gi formenn en enklere oppgave når de skal støtte og veilede arbeiderne. Arbeiderne blir mer selvhjulpne og har både plantegninger og 3D-modeller å støtte seg på, enten kun for eget fag eller flere fag samtidig. Da fremgår prosjektert løsning tydelig, helheten og alle forutsetninger vises og sannsynligheten for feilproduksjon reduseres. I kapittel 10.2 blir dette beskrevet grundigere.

9.4.2 4D-visualisering

Ved å benytte visualisering av fremdrift i et prosjekt vil det være enklere for arbeidere, byggherre og entreprenør å se ønsket fremdrift og hvilke aktiviteter som skal være utført i løpet av en dag eller uken. Dette kan øke arbeidsinnsatsen og motivasjonen til arbeiderne, der tanken er at visualisert fremdriftsplan henger på brakka hver uke. Et program for 4D-visualisering blir testet ut og beskrevet i kapittel 10.1.

9.4.3 Bakgrunn for digitaliseringen

Sortland Entreprenør ønsker å digitalisere seg for å oppnå bedre informasjonsflyt, redusere kostnader og risiko, øke kvaliteten, tilfredsstillende krav og spare tid. utfordringer de ser for seg som kan oppstå er manglende resultater, begrensende prosjektorganisasjon, akselererende utvikling, organisering og opplæring, erfaringsoverføring, begrensende 3D-modeller og kunnskap, trussel mot arbeidsplassen og profittjagende byggherrer.

Forutsetninger for å lykkes med digitaliseringen er å skape et godt samarbeid, ha fokus på kompetanseheving og gode holdninger til det nye og at alle modeller er i et åpent filformat, samt at ledelsen ønsker en utvikling.

10 Test av nye programvarer

I dette kapitlet blir programvarene Synchro Professional og StreamBIM by Rendra testet ut i et reelt prosjekt – «Lødingen skole». Informasjonen som blir beskrevet er basert på online-kurs som er tilgjengelige på Synchro Professional og StreamBIM by Rendra sine hjemmesider, samt egne erfaringer gjennom prøving og feiling. Det har vært et begrenset tidsrom til å bruke programvarene og tilegne seg praktisk kunnskap, og det har heller ikke vært noen til å bistå med hjelp og opplæring. Det er derfor i denne oppgaven ikke gått i dybden av programvarene, men heller sett på den praktiske bruken og hvilke effekter dette kan gi bedriften.

10.1 Synchro Software

Synchro Software består av fem programvarer som sammen har som formål å forbedre byggeindustrien med en digital 4D-konstruksjonsplattform [33]:



Synchro Professional er en programvare for visuell prosjektstyring og visuell fremvisning av fremdriftsplanen. Det er mulig å utarbeide og følge opp fremdriftsplanen, samt knytte aktivitetene sammen med objekter fra en 3D-modell. 3D-modellen vil alltid gjenspeile den planlagte fremdriften for et prosjekt, og det er dette som utgjør en 4D-modell.



Synchro Scheduler er integrert i Synchro Professional og er et rent planleggingsverktøy. Det er mulighet for å opprette aktiviteter, beregne varighet ved gitte produksjonsrater og mengder, samt kalkulere start- og sluttdatoer, og kritisk vei. Det er i tillegg mulighet for å sammenligne og vurdere mest lønnsomme fremdrift.



Synchro Workgroup Project sikrer at alle deltakere har tilgang til den nyeste informasjonen i et prosjekt, og koordinerer tilgang til informasjon og data slik at alle prosjektdeltakere kan arbeide samtidig i samme fil.



Synchro SITE er en applikasjon som er overensstemt med iPad eller HoloLens/VR-briller. Ved hjelp av filtreringsverktøy er det mulig å gjennomgå og sammenligne aktiviteter og ressurser hvor som helst på byggeplass eller på kontoret, av enten deler av et bygg, en etasje eller kun enkelte bygningsdeler. Ved nye registreringer, endringer og informasjon vil 4D-modeller i PRO oppdateres automatisk.



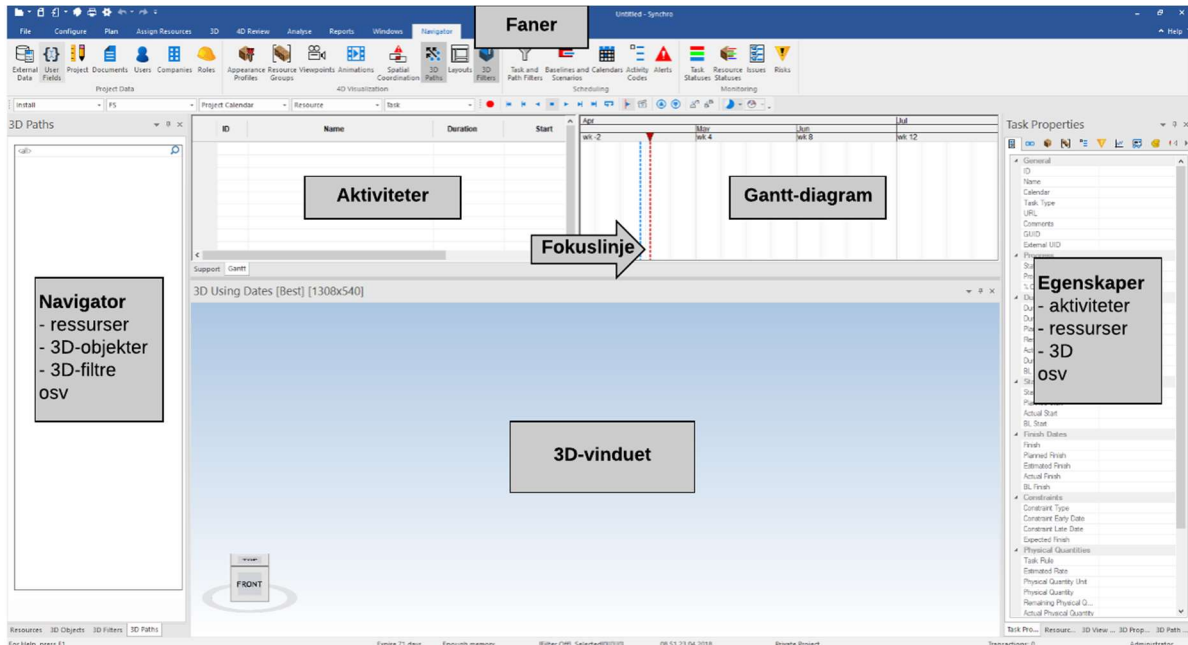
Synchro Open Viewer fungerer som Solibri og gjør det mulig for prosjektdeltakere og andre aktører i prosjektet å se på modellen på et hvilket som helst tidspunkt. Det er mulig å utføre krasjkontroller og opprette avviksrapporter.

Det er mulig å kjøpe ulike pakkelasninger. Hvis man velger å kun kjøpe Synchro Professional koster dette ca. NOK 25 000,-. Det er også mulig å kjøpe en pakkelasning med Synchro Professional, Synchro Site og Synchro Workgroup Project, som har en kostnad på ca. NOK 75 000,- per lisens.

Det er i denne oppgaven kun valgt å se på Synchro Professional og Synchro Scheduler. Det er fokusert på de helt grunnleggende funksjonene i programvarene og dermed er en veldig forenklet fremgangsmåte benyttet.

10.1.1 Praktisk bruk av Synchro Professional

Synchro Professional har et enkelt og oversiktlig brukergrensesnitt bestående av følgende vinduer; Aktiviteter, Gantt-diagram, Egenskaper, 3D-vindu og Navigator. Alle vinduer vil være tomme ved start av et nytt prosjekt og man kan selv velge hvilke vinduer man ønsker å ha åpne i fanene «Windows» og «Navigator».



Figur 46: Oversikt over Synchro Professionals brukergrensesnitt.

Hovedelementene i programmet er Fremdriftsplan og 3D-modell(er). Fremdriftsplanen kan opprettes og utarbeides i programmet eller importeres ferdigprodusert fra et annet planleggingsverktøy, som for eksempel MS Project. For at Synchro Pro skal kunne lese fremdriftsplanen, må filen eksporteres fra MS Project til en XML-fil. 3D-modellene som importeres må være IFC-filer. Programmet egner seg ikke som et modelleringsverktøy, men har enkle funksjoner som gjør det mulig å redigere objekter ved å endre størrelse og farge, flytte på dem og dele dem opp. For å få bedre visualisering og praktisk planlegging er det også mulig å importere 3D-objekter som stillas, brakkerigg, gravemaskiner, tårnkraner, søppelcontainere, osv.

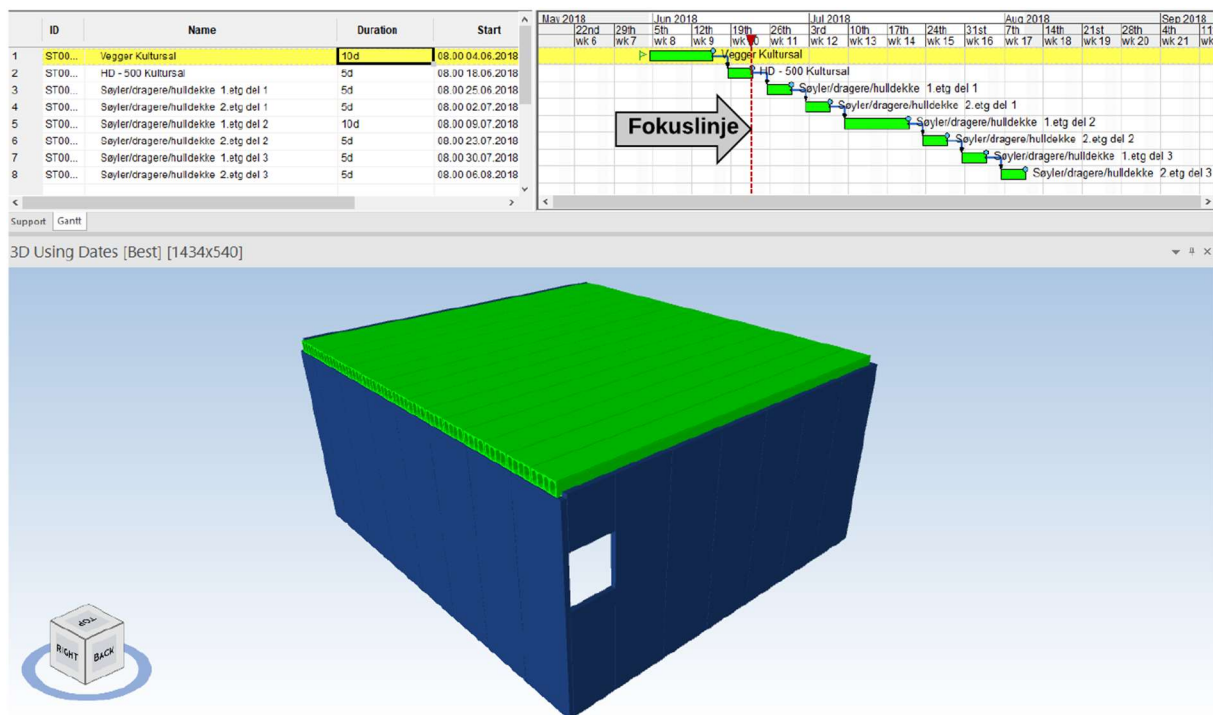
Lenking av 3D-objekter til aktiviteter

Når 3D-modell og fremdriftsplan er lagt inn i Synchro Professional må objektene i 3D-modellen lenkes sammen med aktivitetene i fremdriftsplanen. Det vil si at når **det** står i fremdriftsplanen at fundamenter skal støpes, må dette lenkes sammen med fundamentene i 3D-modellen. Dette er det som vil avgjøre hva som vises i 3D-vinduet avhengig av hvor Fokuslinjen er plassert i Gantt-diagrammet.

Det er flere metoder for å lenke sammen objektene og i prosjektet «Lødingen skole» ble metoden **Assign To Selected Task(s)** benyttet; Først markerer man aktiviteten som objektene skal lenkes til. Deretter markerer man de objektene (slik at de blir lilla) man ønsker å lenke sammen med aktiviteten og klikker høyre musetast og velger «Assign to Selected task(s)».

Framdriftsvisualisering

Når alle objektene i 3D-modellen er lenket sammen med aktivitetene i fremdriftsplanen vil en visuell presentasjon av fremdriften være mulig. Hva som blir vist i 3D-vinduet vil avhenge av hvor fokuslinja er plassert i Gantt-diagrammet. Objekter som er markert grønn er en pågående aktivitet.

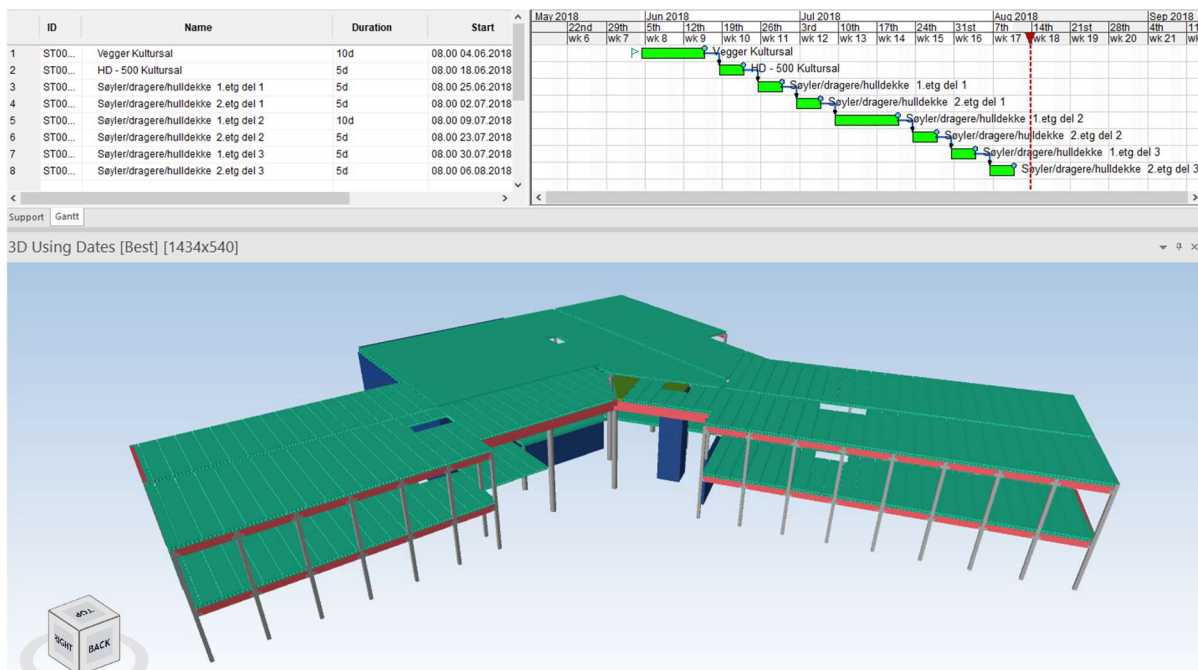


Figur 47: Fokuslinja bestemmer hva som blir vist i 3D-vinduet.

For at det skal produseres en fremdriftsanimasjon må aktiviteter i tillegg til å bli lenket sammen, også bli tildelt utseendeprofil og vekstsimulering. Dette er ikke utført i denne masteroppgaven. Samt er det heller ikke utarbeidet 3D-filtre for 3D-modellen, slik at det her må markeres objekter direkte for å velge om de skal isoleres eller ikke.

Utførelse

Det ble startet et nytt prosjekt i Synchro Professional kalt «Lødingen skole». Det første som ble lastet inn var fremdriftsplanen. Siden prosjektet er i startfasen ble det utarbeidet en forenklet fremdriftsplan av tenkt fremdrift, som ble importert inn fra MS-Project i form av en XML-fil. På grunn av begrenset med tid og formålet med oppgaven, ble det kun importert én BIM-modell for prefabrikkerte elementer i prosjektet. Når IFC-filen og XML-filen var importert, så modellen og fremdriftsplanen ut som vist på Figur 48.



Figur 48: Bilde av importert fremdriftsplan og 3D-modell som henholdsvis XML- og IFC-fil.

10.1.2 Forventede effekter

I intervjuet som ligger i Vedlegg 1 ble det stilt spørsmål om «*hvilken effekt ville det gitt hvis fremdriftsplanen ble illustrert med bilder*». Alle informantene var da enige i at dette vil gi en stor og positiv effekt. De nevner spesielt at dette ville vært matnyttig for arbeiderne ute på byggeplassen, og at de vil få en direkte feedback på hvilket arbeid som skal utføres og hvordan de ligger an i forhold til fremdriften. Dette kan være motiverende, siden de enklere får sett hvordan ting skal utføres og hvordan det blir til slutt. Det ville også hatt en gevinst for prosjektledere og formenn, siden oppfølgingen av fremdriftsplanen ville blitt enklere. I tillegg ville kritiske faktorer ikke blitt glemt og mer detaljer ville blitt husket. I dag blir det tatt ut tegninger/snitt fra 3D-modellen som lamineres og gis til arbeiderne, som viser at det fortsatt er mye man kan lære om 3D-modellering.

I et senere epost-intervju får intervjuobjektene sett et forenklet bilde av 4D planlegging, se Vedlegg 2. Alle intervjuobjektene gir uttrykk for at dette er et interessant og spennende program. Modellen gir mye informasjon når den blir sett i sammenheng med Gantt-diagrammet, som gir et visuelt og konkret bilde. De mener det er bra at man følger prosessen og får med tidsaspektene til de ulike operasjonene. De påpeker også at det vil bli økt forståelse for bruken av fremdriftsplanen, og at det er motiverende å se sluttproduktet. Flere arbeidere ville forstått hva de holder på med. De mener også planen blir mer konkret, lettere å finne fram i og enklere å se hva som forventes, samt sammenligne hvor man er i forhold til ønsket fremdrift. I tillegg kan prosjektleder synliggjøre konsekvensene som forsinkelser gir og at konfliktområder blir fremhevet. I tillegg påpeker det at 4D-modellering kan bidra godt i fremdriftsplanleggingen. Planleggingsmøter og møter generelt ville blitt mer effektive, da modellen vil gi økt forståelse for arbeidsomfanget og man tidligere vil oppdage feil og glemte detaljer.

Men det nevnes også diverse utfordringer med en 4D-modell. Det er ekstremt viktig å ha en tilstrekkelig og oppdatert modell, noe som kan begrenses av datakunnskapen til prosjektdeltakerne. Det er også viktig å ha en god kobling med de som lager modellene, siden det kreves en mest mulig nøyaktig modell. Oftest lages det en grov skisse av 3D-modellen i prosjekteringen som videre i prosjektet blir oppdatert mange ganger. I tillegg må planleggingen være mer detaljert og nøyaktig.

Andres erfaringer

Veidekke er den største entreprenøren i Norge med en omsetning på om lag 30 milliarder kroner og 8000 ansatte. I tillegg er de den første entreprenøren i Norge som gjør Synchro 4D-programvare tilgjengelig for alle sine prosjekter med den hensikt å lettere kunne planlegge fremdriften og sikre at alle komponenter er på plass til riktig tid [34]. De påpeker at;

For å møte fremtidens behov er det viktig å samle alle involverte i en felles digital bygningsmodell. Om vi skal levere raskere, mer kostnadseffektivt og med høyere kvalitet må det samarbeides tett gjennom hele prosjektets verdikjede, fra arkitekt til håndverker. Teknologien gjør det mulig for alle å forstå det faktiske prosjektet gjennom den virtuelle modellen.

Veidekke har dokumentert følgende effekter [35]; De mener at Synchro og 4D-BIM bidrar til å forstå byggeprosessen bedre slik at det kan fattes bedre valg. Med 4D spares tid og penger, og med simuleringer og visuelle fremstillinger fjernes feil før de oppstår. For eksempel ble Synchro brukt til å visualisere planen og det ble da klart at en kran måtte flyttes for å få optimal drift. Feil som kan oppklares er for eksempel plassering av kraner og annet utstyr for optimal drift og hvilken rekkefølge ting elementer og bygningsdeler bør monteres i. Man kan teste seg frem med ulike scenarier i 4D for å se om gjennomføringen er praktisk mulig. Ute på byggeplass ble nettbrett og Synchro Site brukt for å følge opp fremdriftsplanen. Fremdriftsplanen er serverbasert med Synchro sin egen løsning, Synchro SWP. Dermed sikres det at alle justeringer, kommentarer og endringer gjøres i sanntid og blir umiddelbart synlige for hele arbeidsteamet. Risiko med manuelle lister, utdaterte versjoner på papir og beskjeder på gule lapper blir et gruff fra fortiden. Når alle jobber i serverbasert fil blir oppgaver automatisert og man slipper dobbeltarbeid. Det er mye enklere å sette opp komplekse planer som gjør byggeprosjektet mer effektivt.

Dokumentert effekt

På Synchro Professional sin hjemmeside står det at virtuell konstruksjon ikke handler om prosjektsimuleringer, men gir en mulighet til å lage, analysere, redigere, rapportere og administrere prosjekter gjennom et enkelt visuelt grensesnitt. I tillegg er det beskrevet av programvaren vil gi:

- 75 % økning av arbeidskraft
- 50 % kostnadsbesparelser
- 15 % redusert tid til fremdriftsplanlegging"

10.2 StreamBIM by Rendra

StreamBIM er et brukervennlig og allsidig 3D BIM som gir enkel tilgang til modellfiler for ulike fag eller som sammenstillet modell. Verktøyet tar ikke betalt per bruker og derfor vil alle som arbeider i byggeprosjektet ha tilgjengelig 3D-modell på smarttelefoner, nettbrett, PC og Mac. Programmet kan brukes til alle typer bygg, uavhengig av kompleksitet. I tillegg prosesseres oppdateringer og endringer umiddelbart og det vil alltid være oppdaterte tegninger og modeller. StreamBIM er basert på de åpne standardene, som beskrevet i kapittel 7.2.

10.2.1 Praktisk bruk

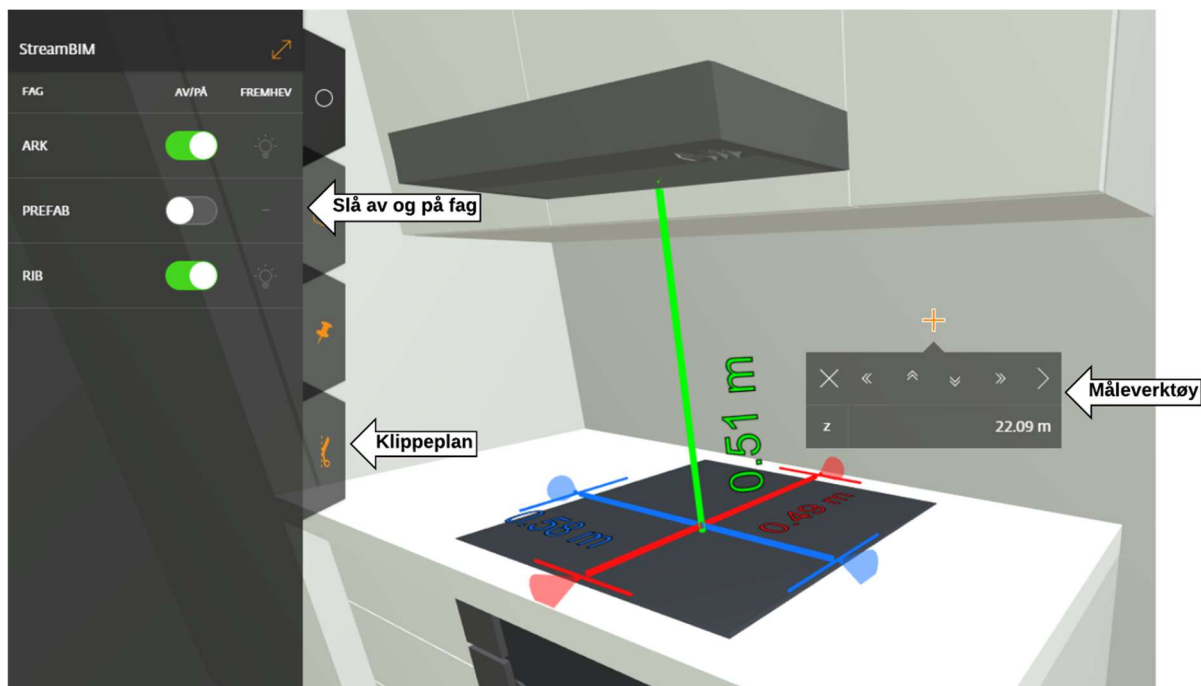
StreamBIM har et enkelt brukergrensesnitt som består av følgende faner som illustrert i Figur 49. Alle fanene har ulike egenskaper og viktige funksjoner.



Figur 49: Oversikt over viktige funksjoner og faner i StreamBIM.

I StreamBIM er det mulighet til å skru av og på modell-lag, som vist i Figur 50, samt skjule objekter som for eksempel gulv, tak eller vegger for å se hva som er bak. En oversikt over modeller og objekter som er skrudd av, er i fanen «*skjulte objekter*». Det er også muligheter til å navigere og søke på rom, og da blir man tatt direkte til dette rommet i 3D-modellen. Hvis man klikker på objekter vil det komme opp informasjon om objektet i fanen «*objektinformasjon*». I fanen «*informasjon om prosjektet*» er det oversikt over brukere, grupper og varslinger, samt en produktguide hvis man trenger hjelp til å forstå ulike funksjoner i programvaren.

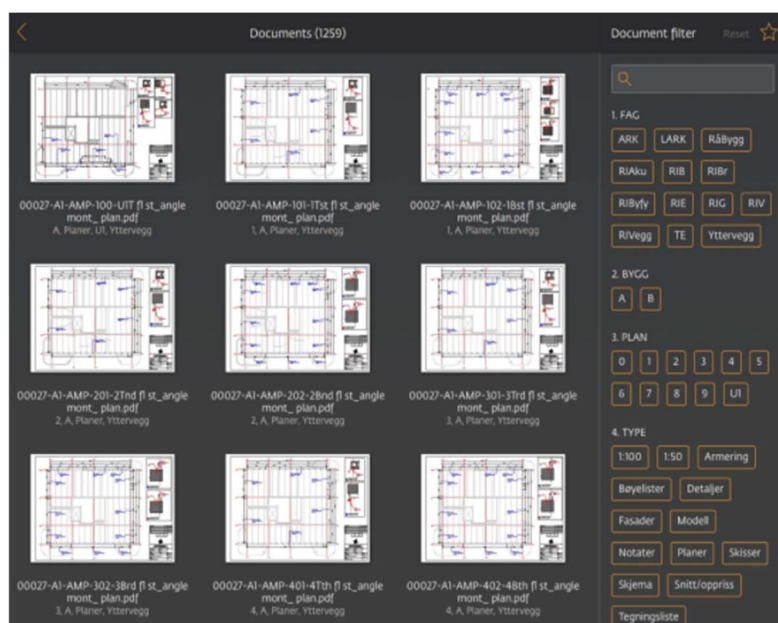
I tillegg er det mulighet til å snitte og måle objekter i modell fra mobiltelefon, nettbrett eller PC/Mac, som vist i Figur 49. Det er mulighet å kombinere det å seksjonere/snitte i flere dimensjoner med å ta direkte mål i modellen. Det er også mulighet til å fremheve enkelte fag, for eksempel alle rør i bygget.



Figur 50: Mulighet til å skru av og på fag

Tegninger og dokumenter

I mappen «dokumentfiler» er det enkel tilgang til oppdaterte 3D-modeller, tegninger, dokumenter og installasjonsanvisninger, og ved et par fingertrykk, kan arbeiderne ute på byggeplassen få tilgang til dette. Med dette kan man unngå mange byggefeil, og prosjektet sparer mye tid på å vente, hente og lete etter oppdatert informasjon. Det mulig for prosjektadministrator å organisere en god mappestruktur med søkbare merkelapper, samt markere tegninger slik at man sparer tid på å lete etter tegninger og dokumenter. Man har også tilgang til tegninger fra ulike fagområder, slik at man får en bedre forståelse for hvordan andre fag kan påvirke jobben man selv utfører. Tverrfaglig samarbeid er viktig og skaper færre byggefeil.



Figur 51: Plantegninger

Samhandlingsplattform

Under fanen «Punkter» som vist i Figur 49 kan man enkelt merke objekter eller rommet, og legge til informasjon direkte i modellen. Hvis man er usikker på arbeidet som skal utføres kan man dele bilder og kommentarer, slik at kollegaer enkelt kan komme med tilbakemeldinger.



Figur 52: Man kan enkelt legge inn punkter for avvik.

I tillegg er dette et nyttig verktøy til å dokumentere utført arbeid på byggeplass. Ved å ta bilde med mobiltelefon eller nettbrett kan man legge til bilder og kommentarer for utført arbeid før man går hjem for dagen. Det vil da spares mye tid ved å slippe papirarbeid og å lage rapporter.

Det er i tillegg utarbeidet forhåndsdefinerte maler som viser «Beste praksis» der dokumentasjon kan legges direkte inn. Dette kan være dokumentasjon på eget arbeid, KS, mal for spørsmål til modell og tegninger, befaringer eller overlevering av informasjon. Det er også muligheter til å utarbeide egne maler. Etter at mal er delt med en gruppe, kan gruppen enkelt legge inn bilder, dokumenter og egne kommentarer. Det kan også settes en forfallsdato til når en case må være løst, samt hvem som er ansvarlig.

10.2.2 Forventede effekter

Ved gjennomføring av intervjuet ble det stilt spørsmål om «*hvilke effekter det vil gi med økt tilgjengelighet på 3D-modell på byggeplass*». Intervjuobjektene var alle enige at det ville ha en positiv effekt med økt forståelse og effektivitet, der arbeiderne vil bygge mer korrekt, samt at det vil bli spart tid der mange spørsmål kan løses ute på byggeplass uten å vente på svar og veiledning fra formann og/eller prosjektleder. En forutsetning for at det produseres mindre feil er at modellen er helt korrekt. I tillegg vil en grundigere prosjektering med innlagt FDV i IFC-fila forenkle arbeidet etter prosjektet er ferdig, noe som vil spare mye tid. I tillegg tror de en slik modell ville gitt en større sannsynlighet for at avvik blir rapportert, i tillegg til at det blir enklere å følge opp. Feil vil også oppdages tidligere, som vil spare bedriften for mye penger, og i tillegg vil det være enklere å spore feilene opp.

De ser også noen utfordringer; Det er mange eldre i bedriften, uten smarttelefoner. I tillegg blir ingen fagarbeidere som får betalt telefon og -abonnement av bedriften. Samtidig er det mye som mangler på 3D-modellene, der ikke alle fag er lagt inn i dag. Vær og vind vil også være problematisk i råbyggfasen før klimaskallet blir lukket.

Andres erfaringer

Det er flere store bedrifter som har benyttet seg av StreamBIM i både små, og store og komplekse prosjekter. BIM- og HMS-leder Örn Erlendsson fra FSR, Prosjektleder Markus Berget fra Caverion, BIM koordinator Bjørnar Markussen fra Avinor, Prosjektleder Lars Abrahamsen fra Sykehusbygg og BIM-Manager Cato Hoel fra Backe AS har beskrevet følgende effekter [36];

I følge FSR og Örn Erlendsson, som både er BIM- og HMS-leder, er den største fordelene med StreamBIM at programvaren har et enkelt brukergrensesnitt, der man ikke behøver å være en IT-spesialist for å forstå hvordan man henter frem viktig informasjon. Dette gir en større mulighet for at arbeiderne, uavhengig av IT-kompetanse, vil like å benytte seg av StreamBIM på byggeplassen. I hans prosjekter har det vært skepsis utbredt blant arbeiderne i begynnelsen, men etter at fordelene med verktøyet er blitt kjent, har skepsisen forsvunnet.

Markus Berget, som er Bas hos Caverion i Trondheim, beskriver StreamBIM som et effektivt verktøy på grunn av sanntidsstreaming av 3D-modellen. Dette sikrer en optimal livssyklus for bygget og de tekniske løsningene. Med StreamBIM kan man løse utfordringer ved ombygging og rehabilitering raskt, siden man slipper å måtte lete i filer og mapper etter riktig informasjon. Plattformen kan også gi grundigere og økt dokumentasjon om utført arbeid, siden det er så enkelt å legge inn bilder og kommentarer direkte i modellen. Dette kan det resultere i at det blir gjort mer intern kvalitetssikring (KS) gjennom hele byggeprosessen og forenkler dokumentering ved befaringer. StreamBIM gir en god oversikt over alle avvik i prosjekter, alt fra designklaringer og produksjonsfeil og det er enkelt å rette opp tidlig og følge opp fremdrift

Backe AS og BIM Manager Cato Hoel bruker StreamBIM til samspill i prosjektering, oppfølging i produksjonsfasen og når FDV dokumentasjon blir overført til byggherrer. Plattformen er perfekt for å planlegge vedlikehold, og når alle vedlikeholds-BIM-modellene er på plass, og informasjonen er systematisk bekreftet, vil dette gi en betydelig tidsbesparelse for driftspersonalet, samt for de som designer og bygger en bygning.

En stor fordel alle bedrifter har beskrevet for entreprenørene, er at de enkelt kan få visualisert de ulike fagområdene. Da vil alle i prosjektet, uavhengig av om de jobber i prosjektering, i produksjon eller med vedlikehold, se hvordan de ulike fagområdene er knyttet sammen. Tegninger og bilder gir til sammen med 3D BIM modellen, et solid sporbart og brukervennlig leksikon som inneholder alt om bygget.

StreamBIM kan benyttes i alle faser av prosjektet. I forstudier og i prosjektering gir programvaren et intuitivt brukergrensesnitt som gir god forståelse for hvordan bygningen vil se ut, noe som igjen gjør det enklere å inkludere sluttbrukere slik at de kan kommentere og be om endringer underveis. StreamBIM kan benyttes til å gi virtuelle turer til sluttbrukere som sykepleiere, leger, kontorpersonele, lærere, osv. mens bygget blir oppført, slik at de selv kan planlegge og forberede seg på å flytte inn og organisere sitt arbeid. I tillegg kan sluttbrukerne benytte programvaren til å sikre at riktige verktøy blir installert. StreamBIM kan være perfekt for både VR- og AR-løsninger.

Del IV

Diskusjon og konklusjon

11 Diskusjon

I dette kapittelet blir det diskutert hvordan bruk av digitale verktøyer effektiviserer produksjonen på byggeplass for Sortland Entreprenør. Ut fra intervjuer, observasjoner ved deltakelse på fremdriftsmøter og prosjekteringsmøter, samt informasjon funnet i Sortland Entreprenør sitt KS-system, blir praksis sammenlignet opp mot teori. Det skal blant annet diskuteres hvordan kunnskapsnivå Sortland Entreprenør har i Solibri og BIM-prosjekter, hvordan systemet i bedriften fungerer i dag og om organisasjonen er klar for et digitalt skifte samt om det er nye verktøyer som kan forenkle/effektivisere produksjonen på byggeplass. Det blir da lagt vekt på effekter som gir økt kvalitet, fremdrift og bedre økonomi.

11.1 BIM i Sortland Entreprenør i dag

Ved implementering av BIM i Sortland Entreprenør har det vært fokus på en bred gjennomføring for å skape et utviklingspress. Dette har ledet til bruk av BIM i tilbudsmodellering, aktiv modellbruk i prosjektering og aktiv modellbruk i prosjekteringsfasen (jfr. Kapittel 9.3). Videre ligger hovedvekten av prosjektene i Sortland Entreprenør på totalentrepriser. Dette bidrar til et tidlig samarbeid mellom de prosjekterende, arkitekten og Sortland Entreprenør, som ifølge teorien vil være optimalt for å bane vei for et godt BIM-grunnlag (jfr. kapittel 7.1).

11.1.1 Kunnskapsnivå Solibri Model Checker

Sortland Entreprenør benytter Solibri Model Checker i all hovedsak til kollisjonskontroll, mengdeuttak og visualisering i sine prosjekter (jfr. Kapittel 9.2). Dette har vært med på å effektivisere både prosjekteringen og produksjonen ute på byggeplassen samt forenklet byggeprosessen. Men for at slike analyser og kontroller skal gi fullt utbytte er det viktig at alle fag leverer egne 3D-modeller til Sortland Entreprenør.

Kollisjonskontroll

Som beskrevet i kapittel 9.2 har det blitt gjennomført tre fullverdige BIM-prosjekter. Ingen av prosjektene Sortland Entreprenør har gjennomført med bruk av BIM har gitt alle ønskede effekter programvaren har å tilby. I det første fullverdige BIM-prosjektet, ble det som forklart i kapittel 9.2.2, ikke levert IFC-modell fra alle underentreprenører. På grunn av manglende modeller fra tekniske fag, fikk ikke Sortland Entreprenør fullt utbytte av analysene i prosjektet, noe som spesielt har gitt negative konsekvenser for kollisjonsanalysen. På grunn av manglende modeller var det flere kollisjoner som ikke ble avdekket i prosjekteringsfasen, noe som skapte unødvendig bruk av ressurser og tid til å løse utfordringer og problemer og kollisjoner ute på byggeplassen.

For manglende fag måtte det utføres tradisjonell designprosess, dvs. luke ut feil ved hjelp av plantegninger, noe som er mer kostbart enn ved bruk av BIM (jfr. Figur 11). I tilfeller hvor tekniske installasjoner kolliderer med hverandre eller med bærende konstruksjoner kan det kreve mye tid til omarbeid, planlegging og ombygginger, noe som kan være veldig kostbart. Dermed er det viktig at Sortland Entreprenør legger enda større vekt på 3D-kompetanse ved valg av underentreprenører og har som krav at alle fag skal levere 3D-modeller. I tillegg bør BIM-koordinator og Sortland Entreprenør stille strengere krav til modeller levert fra ulike fag. I et annet BIM-prosjekt «Sortland Senter», som er beskrevet i kapittel 9.2.3, ble det derimot mottatt modeller fra alle tekniske fag. Det kunne dermed tas en fullverdig kollisjonskontroll for alle tekniske fag, samt ARK og RIB, noe som avdekket flere åpenbare kollisjoner enn i første BIM-prosjekt.

Mengdeuttak

Som beskrevet i kapittel 9.2.3 ble det i prosjektet «Sortland Senter» ikke gjennomført mengdeuttak i modell pga. dårlig materiale levert fra arkitekt. Alle beregninger måtte dermed utføres på den tradisjonelle måten, til tross for at prosjektledelsen hadde god nok kompetanse til å utføre uttak av mengder i modell. For prosjektene «Risøyhamn skole» og «Lødingen skole» ble derimot mengdeuttak benyttet til både anbudsberegning og til varebestilling, noe som ga gevinster som større nøyaktighet, mindre tidsbruk og lavere risiko for menneskelige regnefeil. Men likevel ble ikke alle mengder hentet fra modell, noe som skyldes for dårlig kompetanse og kunnskap. Sortland Entreprenør bør dermed prioritere kursing av ansatte slik at mengdeuttak kan benyttes for alle mengder som kan beregnes i modellen.

Visualisering

Visualisering av 3D-modell har, som beskrevet i kapittel 9.3.1, forenklet og effektivisert produksjonen på byggeplassen, samt gjort det enklere å kommunisere med interessenter, aktører og beslutningstakere. Spesielt 3D-armering har gitt store gevinster i produksjonsfasen, noe «Ånstadblåheia Vindmøllepark» er et praktksempel på - produksjonen er effektivisert og ligger foran fremdriftsplanen. Sortland Entreprenør har til nå hatt modell tilgjengelig på brakka for fagarbeiderne, der den kun er blitt unyttet under møter for å visualisere i bygningen for å gi økt forståelse. Årsaken til at modellen ikke er blitt benyttet av fagarbeiderne, kan skyldes at den er utilgjengelig og at det er enklere å søke veiledning fra formann og prosjektleder. For at arbeiderne skal få fullt utbytte av modellen bør Sortland Entreprenør gjøre modellen tilgjengelig ute på byggeplassen.

Videre utvikling av Solibri Model Checker

Under intervjuer fremkommer det at prosjektledere og spesielt formenn mener de har for lite kunnskap og kompetanse til å benytte seg av Solibri Model Checker, og at kun et fåtall har tilstrekkelig kompetanse til å benytte seg av programvaren. I dag benytter Sortland Entreprenør seg kun av mengdeuttak og kollisjonskontroller, samt til å fremheve potensielle designproblemer i 3D-visualiseringsmodellen. I kapittel 7.3.1 blir det beskrevet flere analyser og kontroller det er mulighet til å utføre i Solibri Model Checker, og Sortland Entreprenør bør derfor videreutvikle kompetansen i bedriften til å kunne utføre kontroller for universell utforming og rømningsruter i bygningen for å øke effektiviteten og dra fullt utnytte ut av programvaren.

11.1.2 ÅpenBIM i prosjektene

Som beskrevet i kapittel 9.2.2 ble første fullverdige BIM-prosjekt i Sortland Entreprenør oppstartet sommeren 2016. Før den tid hadde kun et par modeller blitt sammenstilt og modeller ble kun benyttet til visualisering. Det ble ikke dratt ut fordeler av kollisjonskontroller og mengdeuttak. Siden 2016 har det vært som mål at alle fag skal lage egne 3D-modeller som kan settes sammen i en felles modell, slik at blant annet kollisjoner kan avdekkes. Dette er spesielt viktig for tekniske fag. Det er da et mål om at hvert enkelt fag skal samle og berike modellene med informasjon som er nødvendig videre i byggeprosessen. Ut fra kapittel 7.2.1 er Sortland Entreprenør kommet opp på nivå 2 BIM for sine seneste prosjekter. På slike prosjekter bruker alle parter 3D CAD modell, men ikke en felles, delt modell. Som beskrevet i kapittel 9.2.5 har Sortland Entreprenør som krav i nye prosjekter ved kontrahering med underentreprenør at alle skal levere IFC-filer, som blir satt sammen og lagret som en *.smc-fil. Da vil ingen andre parter ha tilgang til å gjøre endringer i modellen, som hindrer at motstridende informasjon kan elimineres på en enkel og effektiv måte. Sortland Entreprenør og underentreprenører kunne spart mye tid ved at alle fag kunne gjort endringer direkte i modellen.

I kapittel 7.2.1 vises en modell utviklet av Mark Bew og Mervyn Richards som beskriver BIM i et byggeprosjekt og hvilke milepæler som må oppnås for å nå full samhandling ved bruk av BIM. Ut i fra denne modellen er Sortland Entreprenør i en overgang fra Level 2 BIM til Level 3 BIM. For å komme opp på Level 3 BIM må Sortland Entreprenør skape et fullt samarbeid med alle fag ved bruk av en felles, delt modell i prosjektet. I følge kapittel 4 skaper dette en bedre tverrfaglig og helhetlig forståelse av prosessen, der det blir enklere å planlegge eget arbeid siden man ser hvordan andre fag arbeider. Men for at åpenBIM skal kunne fungere optimalt bør det foreligge instruksjoner for den ulike bruken av modellen. I kapittel 7.2 er det beskrevet at det må være enighet om de tre standardene IFC, IFD og IDM for at optimal bruk av åpenBIM skal oppnås. Med andre ord må teknologien, verktøyet og arbeidsprosessen være på plass. Sortland Entreprenør må derfor utvikle en Information Delivery Manual (IDM) som beskriver aktører, prosedyrer og krav til leveranser i prosjektet, slik at fag tilknyttet prosjektet kan arbeide effektivt sammen.

I prosjekter som er gjennomført med BIM har det fortsatt vært aktører med 2D-CAD verktøy som ikke har hatt kunnskap og kompetanse til å benytte seg av BIM. Likevel er det et bredere samarbeid rundt bruken av BIM blant de resterende fagene, der informasjon blir delt mellom de involverte. I dag har Sortland Entreprenør krav i kontrakt om at underentreprenører skal levere IFC-modeller. For fag som fortsatt bruker 2D-CAD bør Sortland Entreprenør formidle at en designprosess med bruk av BIM gir en mulighet til en mer helhetlig tankegang for å øke effektiviteten og en tidligere innvirkning på kostnader og funksjonell produktivitet enn tradisjonelle designprosesser med 2D-tegninger (jfr. Figur 11). Selv om BIM kanskje ikke alltid er det beste verktøyet for en jobb, gir det i de aller fleste tilfeller økt kvalitet på produktet og en mer effektiv prosess.

11.2 Hvordan fungerer systemet i Sortland Entreprenør i dag?

Sortland Entreprenør har utarbeidet krav og retningslinjer i KS-systemet sitt om hvordan planlegging og prosjektering av prosjekter skal utføres. Men som beskrevet i innledningen til kapittel 9 er KS-systemet enda ikke blitt oppdatert til å omhandle bruk av BIM i prosjekter. Det kan være fordelaktig å ta i bruk rammeverk for bruken av BIM i KS-systemet, noe som kan gjøre det lettere å kategorisere problemer og muligheter i forhold til bruken av BIM-teknologien. Sortland Entreprenør har derimot utarbeidet en BIM-manual for utførelse og gjennomføring av BIM-prosjekter samt retningslinjer for dette, som er beskrevet i kapittel 9.1. Manualen har til nå kun vært brukt i to prosjekter; Risøyhamn skole og Lødingen skole, og bør videre implementeres i alle BIM-prosjekter. BIM-manualen er et viktig styrende dokument som bør være gjeldende i alle prosjekter.

BIM-manualen legger stor vekt på utførelse av kollisjonskontroller. Kollisjonskontroller skal gjennomføres foran hvert prosjekteringsmøte etter nye og/eller oppdaterte modeller er levert, og som beskrevet i kapittel 9.1.1 er det BIM-koordinator som har ansvaret for å gjennomføre kollisjonskontroller på sammensatt modell. Både i prosjektet «Risøyhamn Skole» og «Sortland Senter» har intervjuobjektene gitt uttrykk for at kollisjonskontrollene ikke ble fulgt opp lenge nok i prosjektene, og at det kunne blitt avdekket flere feil om det ble utført kollisjonskontroller for hele prosjektgjennomføringen. Dette er noe Sortland Entreprenør og BIM-koordinator bør være mer konsekvente på å fullføre i prosjektene, slik at flest mulig kollisjoner blir avdekket i prosjekteringsfasen. I henhold til Figur 11 er det større mulighet for innvirkning på kostnader og funksjonell produktivitet tidlig i prosjektet, og derfor bør det kjøres kollisjonskontroller flere ganger i prosjekteringsfasen, slik at flest mulig feil blir avdekket.

Manualen gir også retningslinjer for BIM-ansvarlige for hvert fagfelt. Som beskrevet i kapittel 9.2.5 er IFC-modell ofte en del av anbudsgrunnlaget i dag og derfor stilles det strengere krav fra entreprenør om at alle fag skal levere IFC-modell slik at blant annet kollisjonskontroller kan utføres. Det er flere og flere byggherrer som har startet med å sette tydelige krav i kontraktsgrunnlaget til bruken av BIM, da spesielt store byggherrer som Statsbygg og Forsvarsbygg. I kapittel 4.1 blir det poengtert hvor viktig det er at det allerede under prosjekteringen blir planlagt og kartlagt hvilke programmer faggruppene i prosjektet må ha. Ved kontrahering av underentreprenører bør det legges ekstra vekt på kunnskaper og kompetanse innenfor BIM og det bør være krav om at alle skal bruke 3D-modeller. I tillegg er det viktig at alle fag arbeider innenfor samme koordinatsystem med samme prosjektnull (jfr. Kapittel 7.3.1), og derfor bør modellene settes sammen tidligst mulig.

Til fremdriftsplanlegging benytter Sortland Entreprenør også MS Project. Som beskrevet i kapittel 8.3.1 ble MS Project implementert i bedriften i 2014 og er et program alle er pålagt å bruke, men til tross for dette er det fortsatt et fåtall prosjektledere som fortsatt bruker Excel. Dette er også et problem for Solibri Model Checker, der noen fortsatt velger å benytte tradisjonell arbeidsmetode til tross for verdien programmet gir gjennom økt effektivitet og presisjon. Ulik bruk av planleggingsverktøy kan skape trøbbel blant alle i prosjektet og det vil være tidkrevende å kommunisere, oppdatere og endre data, samt utarbeide fremdriftsplaner fra ulike programmer i et bestemt prosjekt. Derfor bør det vektlegges at alle skal bruke en felles plattform når det gjelder programmer, og for å imøtekomme dette problemet bør Sortland Entreprenør prioritere at alle skal kurses i programvarene.

11.3 Digitalt skifte i Sortland Entreprenør

For at Sortland Entreprenør skal kunne starte et digitalt skifte, er det viktig at de har et klart mål for fremtiden og en felles avtalt strategi for hvordan dette målet skal nås (jfr. Kapittel 3). I kapittel 8.1.2 er Sortland Entreprenørs strategi beskrevet; *Sortland Entreprenør har fokus på kontinuerlig forbedring i alle arbeidsoperasjoner, som spesielt retter seg mot fremtidige behov og mulighet for utvikling av ny teknologi for byggebransjen. Og de mener det derfor er viktig med digitalisering av arbeidsoperasjoner, både i planlegging av prosjekter og som arbeidsverktøy i byggetiden.* For at strategien skal bli komplett bør Sortland Entreprenør definere en taktisk plan som underbygger den strategiske planen, og en handlingsplan over hva som skal gjøres. Det er beskrevet i kapittel 3.1 at for å oppnå suksess er det viktig at virksomheten har et klart mål om fremtiden og en felles avtalt strategi for hvordan målet skal nås. Ved digitalisering i bedriften er det derfor enormt viktig at prosjektledere, formenn og arbeiderne er overbevisste om at digitale hjelpemidler vil gi positive effekter.

Verden er i rask utvikling og for at Sortland Entreprenør skal være konkurransedyktig bør de tar et steg videre i digitaliseringen. I kapittel 6 er det beskrevet at hele den norske bygge- og anleggsnæringen må digitaliseres sammen for at næringen skal få økt produktivitet og effektivitet, samt lavere klimagassutslipp. Det er her beskrevet at alt vil starte på den «digitale byggeplassen» der alt planlegges og prosjekteres digitalt før det bygges, og at sanntidsdeling av informasjon gjennom prosessdigitalisering vil sikre åpenhet og samarbeid, rettidig framgang og risikovurdering, kvalitetskontroll og mer pålitelige resultater. For å imøtekomme dette har Sortland Entreprenør valgt at undertegnede skal teste ut programmer som StreamBIM by Rendra og Synchron, for å sjekke hvilke gevinster dette gir bedriften og om programmene kan gi andre muligheter enn MS Project og Solibri.

11.3.1 Tilgjengelig modell på byggeplass – StreamBIM by Rendra

I følge kapittel 6.1 bør papir på byggeplass byttes mot internett for å sikre sanntidsdeling av informasjon. Sortland Entreprenør benytter seg i dag av plantegninger, noe som fører til at informasjonsdeling blir forsinket, samt at entreprenører og eiere jobber med ulike versjoner av virkeligheten. Ved bruk av papir i byggeprosjekter blir det vanskeligere å fange opp og analysere data, og det fører også til uenigheter mellom eiere og entreprenører på saker som byggeprosess, endringsordrer og kravbehandlinger. For fullt utbytte av 3D-modell bør Sortland Entreprenør benytte 3D-modell direkte på byggeplass. Dette vil øke produktiviteten og gjøre arbeiderne mer selvstendige.

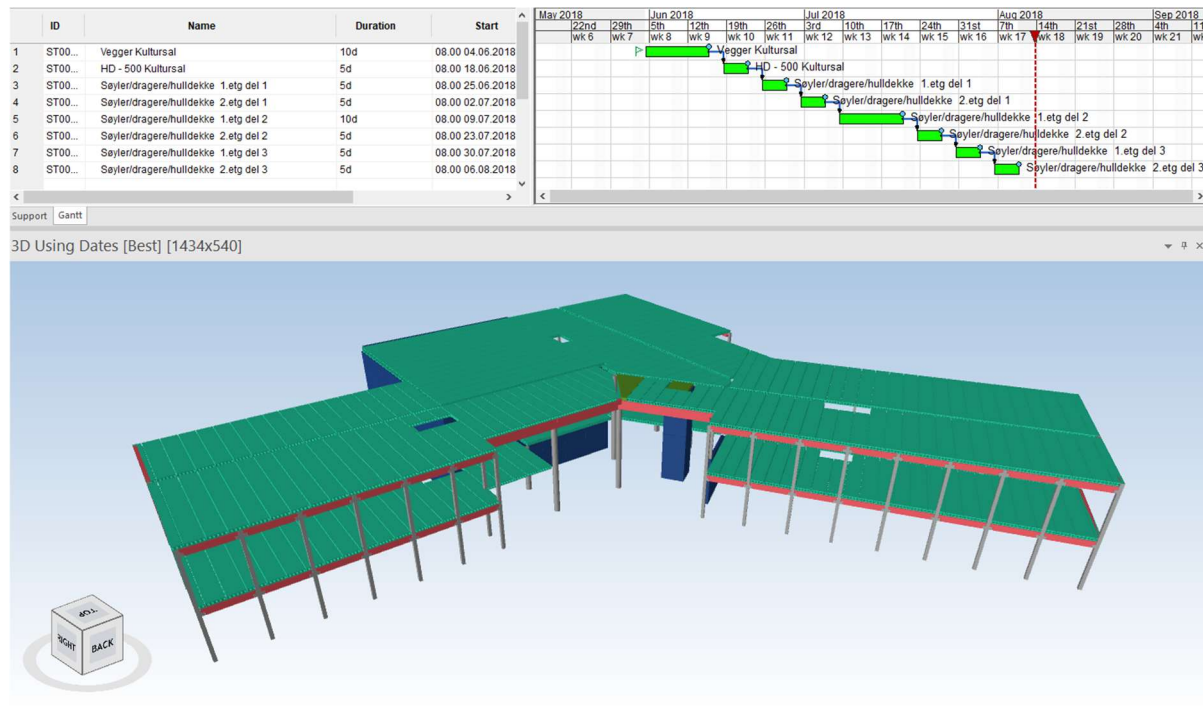
I kapittel 4.1 står det beskrevet at ved kartlegging og planlegging av programmer faggrupper i et prosjekt skal benytte seg av, bør det velges et program med evne til å kommunisere med hverandre, som har en enkel grafisk profil med maler for daglig kommunikasjon, notater og dokumenter. StreamBIM er et program som imøtekommer alle disse forutsetningene og gir alle i prosjektet en mulighet til å ta del i samhandlingen, som er utrolig viktig for å forbedre effektivitet og produktivitet i et prosjekt. I tillegg gir Rendra en mulighet til sanntidsdeling av informasjon, som ifølge kapittel 6.1 sikrer åpenhet og samarbeid, rettidig framgang og risikovurdering, kvalitetskontroll og dermed bedre og mer pålitelige resultater og økt kvalitet.

StreamBIM er et forholdsvis enkelt og brukervennlig verktøy som vil gi stor gevinst ute på byggeplass, og slik Örn Erlendsson har beskrevet det, jfr. kapittel 10.2.2, behøver man ikke være en IT-spesialist for å forstå hvordan man henter frem viktig informasjon. Dette vil trolig øke motivasjonen og effektiviteten til arbeiderne, siden de alltid vil ha 3D-modell og plantegninger lett tilgjengelige. En annen forventet effekt er økt selvstendighet hos arbeiderne, noe som kan gi enorm mestringsfølelse og motivasjon. Prosjektledere og formenn vil da bruke mindre ressurser til veiledning og hjelp til å avklare problemer

og forklare byggetekniske løsninger. For at dette skal gi ønsket effekt er det dermed viktig at 3D modeller er riktige og pålitelige, slik at arbeiderne kan følge dem uten å gjøre feil og skape problemer.

11.3.2 4D-planlegging – Synchro Professional

Ut fra test av programvare fremstår Synchro Professional som et fullverdig planleggingsverktøy med opprettelse og kontroll av fremdriftsplaner, som i tillegg har mulighet til å opprette koblinger til 3D-objekter og utføre 4D-simuleringer, se Figur 53.



Figur 53: Synchro Professional linker tradisjonell fremdriftsplan med 3D-objekter i IFC-modell.

I dag blir fremdriftsplanen i Sortland Entreprenør utarbeidet i MS Project gjennom syning og lite forståelse for aktivitetene, og det krever erfaring for å klare å se for seg den visuelle sammenhengen mellom aktivitetene. Ved hjelp av Synchro Professional og 4D-planlegging vil deltakerne få økt forståelse ved at fremdriftsplanen kombineres med 3D-modellen. Synchro Professional benytter den tradisjonelle planleggingsmetoder og skiller seg fra MS Project ved at den har en visuell funksjon som visualiserer bygget og fremdriftsplanen. Dette gir et utbytte for planleggeren i utførelse av planen der den har en konkret 3D-modell å jobbe mot og dermed slipper å tolke 2D-tegninger. Videre kan planleggeren benytte 4D-modell til å verifisere og kontrollere planen. Når planen og 4D-simuleringen er «komplett» kan den benyttes til kommunikasjon mellom planleggeren, underentreprenør og andre aktuelle aktører, og spesielt for arbeiderne kan en slik plan være motiverende og øke produktiviteten ute på byggeplassen. Synchro og 4D planlegging vil skape bedre forståelse blant alle aktørene som er involverte i prosjektet.

I tillegg er Synchro Professional kun én av fem programvarer i Synchro Software, der alle har som formål å forbedre byggeindustrien med en digital 4D-konstruksjonsplattform. Ved bruk av Synchro Work Group, får alle aktørene i byggeprosessen tilgang til modellen og dermed blir det mulighet til å kommunisere med hverandre. I tillegg vil det alltid være tilgang på oppdaterte tegninger og modeller, som sikrer sanntidsdeling av informasjon. Dette vil gi bedre forståelse og innsyn i eget arbeid, og i det

totale bildet vil alle deltakerne i fremdriftsplanleggingen få en bedre oversikt over koordinering av aktivitetenes rekkefølger og samtidigheter gjennom 3D-modell.

Som beskrevet i kapittel 10.1.2 har Veidekke som første entreprenør innført Synchron Professional i alle sine prosjekter. Det er beskrevet mange fordeler med programvaren og hvordan produksjonen er effektivisert, men om dette vil gi samme gevinst for Sortland Entreprenør er vanskelig å se for seg. Sortland Entreprenør med sine vel 53 ansatte er bare en brøkdel av Veidekkes 8000 ansatte, og om Synchron Professional er lønnsomt i mindre prosjekter er det ikke vurderingsgrunnlag nok for i denne masteroppgaven. Ut fra test av programvarer oppfattes Synchron Professional som et krevende program med mange funksjoner å holde styr på, noe som vil kreve mye av de ansatte og være tidkrevende å lære seg. Programvaren krever godt kunnskapsnivå innen både fremdriftsplanlegging og BIM, da komponenter må brytes ned i små deler. Det vil være nødvendig med en grundig opplæring og kontinuerlig bruk i alle prosjekter for å opprettholde kunnskapsnivået. I Sortland Entreprenør er det kun 7 prosjektledere, og det vil dermed være få å rådføre seg med ved problemer kontra hvordan det er i større entreprenører som for eksempel Veidekke.

11.4 Valg av programvarer

For at Sortland Entreprenør skal få maksimalt utbytte av programvarene er det viktig at de har tilstrekkelig kunnskap og kompetanse. Kompetansenivået til Sortland Entreprenør innenfor Solibri er veldig spredt, der ingen har kompetanse til å dra fullt utbytte av programvaren. De fleste er nye innenfor bruken av Solibri Model Checker, og kan derfor kun de mest elementære funksjonene. Under intervjuer fremkommer det at flere prosjektledere og spesielt formenn, mener de har for lite kunnskap og kompetanse til å benytte seg av programvaren, og at et fåtall har tilstrekkelig kompetanse. Derfor er det ikke alle arbeidsoperasjoner som blir utført med programvaren, og som beskrevet i kapittel 11.1.1, blir noen arbeidsoperasjoner utført på tradisjonell måte til tross for at programvaren har tilgjengelige hjelpemidler. For å få fullt utbytte av programvaren og før nye programvarer kan implementeres i bedriften bør det dermed kjøres en grundig innføring og opplæring av prosjektledere og formenn.

På grunn av lavt kunnskapsnivå i Solibri Model Checker vil det ikke være aktuelt å implementere Synchron Professional i Sortland Entreprenør. Synchron Professional krever for mye kompetanse, i tillegg til at det er et kostbart program. Ved valg av hvilke programmer Sortland Entreprenør skal benytte seg av i fremtiden er det viktig å velge et program som vil gi fortjeneste. StreamBIM by Rendra er derimot en mer brukervennlig og rimeligere programvare. Dette programmet krever ikke bredere kompetanse innenfor BIM-prosjekter, og bygger videre på IFC-modeller og Solibri Model Checker. Dette er et program alle deltakere i prosjektet i Sortland Entreprenør vil ha kompetanse nok til å kunne bruke og programmet er enkelt å lære seg. Eneste utfordringen med programvaren er løsning på mobilregninger, siden arbeiderne må benytte egne telefoner og internett.

Ut fra intervjuer med formenn og prosjektledere i Sortland Entreprenør er det et behov og et ønske om å få modell mer tilgjengelig på arbeidsplass. Ut fra kunnskapsnivået til Sortland Entreprenør innen nåværende programvarer, bør de derfor enten stasjonere en BIM-kiosk ute på prosjektet eller implementere StreamBIM by Rendra.

12 Konklusjon

For en mellomstor bedrift som Sortland Entreprenør kan produksjonen effektiviseres ved bruk av digitale verktøyer som Solibri Model Checker, Synchro Professional og StreamBIM by Rendra. Solibri Model Checker fungerer godt i bedriften i dag og har gitt produksjonen i prosjekter positive gevinster. Kollisjonstester, mengdeuttak og visualisering av bygning har gitt økt kvalitet gjennom bedre løsninger, økt fremdrift på grunn av færre uforutsette hendelser og bedre flyt i produksjonen. I tillegg har det trolig gitt bedre økonomi på grunn av mer produktiv tid, mindre ressurser brukt til ombygging og lite overflod av materialer.

Synchro Professional kan effektivisere produksjonen gjennom visualisering av fremdriftsplan og virkeligheten, som kan gi økt motivasjon til arbeiderne og bedre forståelse for byggeprosessen, samt hindre at kritiske faktorer ikke blir glemt og at viktige detaljer blir husket. StreamBIM by Rendra gir mulighet for tilgjengelig modell på byggeplass, som vil gi positive effekter for produksjonen gjennom økt effektivitet og økt forståelse for byggetekniske løsninger og sammenhengen mellom tekniske fag. Arbeiderne vil bygge mer korrekt, samt at det vil bli spart tid siden mange spørsmål kan løses ute på byggeplassen siden tegninger og modeller alltid er tilgjengelige.

Solibri Model Checker er i implementeringsfasen, der mange prosjektledere og formenn er i startgropa til å lære seg å bruke Solibri Model Checker, samt at det foreløpig er ingen som kan bruke alle funksjoner programvaren tilbyr. Sortland Entreprenør må dermed prioritere og fokusere på at alle ansatte får god nok kompetanse før nye programvarer implementeres.

Sortland Entreprenør har også digitalisert flere arbeidsprosesser i bedriften. MS Project og ISY ByggOffice benyttes til henholdsvis fremdriftsplanlegging, og kalkulasjon og oppfølging av prosjekter, og har effektivisert arbeidsprosessene. Også her trenger ansatte bedre opplæring for å bruke programvarer fullt ut.

Sortland Entreprenør er dermed ikke klar for et radikalt digitalt skifte. For å øke produktiviteten på byggeplassen har Sortland Entreprenør likevel et behov for økt tilgjengelighet av modell på byggeplass. Det kan da enten stasjoneres en BIM-kiosk på anleggsplassen med nåværende programvarer, eller implementere StreamBIM by Rendra i bedriften der ansatte bruker egen mobiltelefon, nettbrett eller BIM-kiosken. Synchro Professional vil kreve for mye kompetanse og tid fra ansatte, og Sortland Entreprenør er ikke klar for å ta i bruk et slikt program.

13 Forslag til videre arbeid

I fremtiden bør Sortland Entreprenør fokusere på å øke kunnskapsnivået og kompetansen til ansatte i bedriften innenfor nåværende programvarer. Før de kan implementere nye programvarer må det utarbeides en taktisk plan med detaljert oversikt over kortsiktige mål og tiltak som fokuserer på de kommende 2-3 årene. Denne planen bør blant annet inneholde en handlingsplan som fokuserer på det kommende året der opplæring av ansatte blir prioritert for å få økt kompetanse og bedre kunnskapsnivå.

Sortland Entreprenør bør også prioritere å starte åpenBIM, der alle fag har tilgang til å gjøre endringer i sammensatt modell som vil gjøre at motstridende informasjon kan elimineres på en enkel og effektiv måte.

Referanseliste

- [1] P. I. Teigen og A. S. Aasrum, «Den unike digitale entreprenør», 2017.
- [2] «Produktivitetsfall i bygg og anlegg», *www.ssb.no*. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivitetsfall-i-bygg-og-anlegg>. [Åpnet: 06-mar-2018].
- [3] J. Sandnes, «Innlegg: Vi må digitalisere sammen», *Bygg.no - Byggeindustrien*. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.bygg.no/article/1323181>. [Åpnet: 19-feb-2018].
- [4] Byggeindustrien, «Produktiviteten i bygg og anlegg går opp», *Bygg.no - Byggeindustrien*, 24-apr-2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.bygg.no/article/1312127>. [Åpnet: 19-feb-2018].
- [5] T. Frellumstad, «Dampindustri eller digital teknologi», *Bygg.no - Byggeindustrien*, 16-nov-2016. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.bygg.no/article/1294727>. [Åpnet: 19-feb-2018].
- [6] «Om buildingSMART Norge», *buildingSMART*, 08-okt-2010. [Online]. Tilgjengelig på: <https://buildingsmart.no/bs-norge>. [Åpnet: 26-mar-2018].
- [7] «BNL». [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.bnl.no/dette-er-bnl/aktuelt/viktig-informasjon-til-alle-i-bae-naringen>. [Åpnet: 08-mai-2018].
- [8] I. D. Hovl, «Innlegg: Digitalisere sammen», *Bygg.no - Byggeindustrien*, 29-mar-2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.bygg.no/article/1309598>. [Åpnet: 19-feb-2018].
- [9] N. Olsson, *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Tapir akademisk, 2011.
- [10] O. Dalland, *Metode og oppgaveskriving*, 6. utg. Oslo: Gyldendal akademisk, 2017.
- [11] A. K. Larsen, *En enklere metode: veiledning i samfunnsvitenskapelig forskningsmetode*, 2. utg. Bergen: Fagbokforl., 2017.
- [12] J. S. Iversen, «Produksjonsplanlegging med 4D», 2013.
- [13] K. Sander, «Hvorfor strategisk planlegging?», *eStudie.no*, 15-aug-2017.
- [14] K. Sander, «Strategisk planlegging», *eStudie.no*, 02-des-2017.
- [15] «Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse, Rapport til Byggekostnadsprogrammet», *SINTEF*, jan-2010. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.sintef.no/globalassets/upload/prosjekteringsplanlegging-og-ledelse.pdf>. [Åpnet: 29-mar-2018].
- [16] A. Rolstadås, *Praktisk prosjektstyring*, 5. utg. Trondheim: Tapir akademisk forl., 2011.
- [17] R. Kenley og O. Seppänen, *Location-Based Management for Construction: Planning, Scheduling and Control*, 1 edition. London; New York: Routledge, 2009.
- [18] B. T. Kalsaas, *Lean construction: forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Bergen: Fagbokforl., 2017.
- [19] «What is a Gantt Chart? Gantt Chart Software, Information, and History», 2018. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.gantt.com/>. [Åpnet: 19-feb-2018].
- [20] Jimmie W. Hinze, *Construction Planning and Scheduling*, 4th utg. Pearson.
- [21] S. Halleraker, «Fremdriftsplanlegging i bygge- og anleggsproduksjon: Et kompendium for emnet TBA4130 Produksjonsteknikk i BA-prosjekt», 2014.
- [22] J. Sjøgren, «Digitalt veikart - for en heldigitalisert, konkurransedyktig og bærekraftig BAE-næring», *19.12.2017*, s. 32, 2017.
- [23] R. Agarwal, S. Chandrasekaran, og M. Sridhar, «Imagining construction's digital future | McKinsey & Company». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future>. [Åpnet: 20-feb-2018].

- [24] C. M. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, og K. Liston, *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*, 2nd ed. Hoboken, N.J: Wiley, 2011.
- [25] S. E. Moen og L. E. Moland, «BygningsInformasjonsModellering (BIM)», s. 60.
- [26] National Building Specification for UK, «BIM Levels explained», *NBS*, 2014. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>. [Åpnet: 24-apr-2018].
- [27] M. Trebbe, T. Hartmann, og A. Dorée, «4D CAD models to support the coordination of construction activities between contractors», *Autom. Constr.*, bd. 49, s. 83–91, jan. 2015.
- [28] Sortland Entreprenør AS, «Sortland Entreprenør Hjemmeside», 2018. [Online]. Tilgjengelig på: <http://s-ent.no/>. [Åpnet: 20-feb-2018].
- [29] SE-Gruppen, «Hjem - SE-Gruppen», 2018. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.se-gruppen.no/>. [Åpnet: 20-feb-2018].
- [30] «Produkter - ISY ByggOffice - Norconsult Informasjonssystemer». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.nois.no/produkter/prosjektstyring/isy-byggoffice/>. [Åpnet: 30-apr-2018].
- [31] Statsbygg, «Statsbygg BIM-manual 1.2». Statsbygg, 2011.
- [32] BuildingSMART, «BSN Prosess 2 - Bruk av BIM til visualisering». BuildingSMART, 2012.
- [33] «Synchro Software». [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.synchro ltd.com/>. [Åpnet: 19-apr-2018].
- [34] Byggeindustrien, «Veidekke velger 4D», *Bygg.no - Byggeindustrien*, 22-des-2016. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.bygg.no/article/1298406>. [Åpnet: 25-apr-2018].
- [35] Byggeindustrien, «Bruker 4D på et av Oslos mest spennende byggeprosjekt», *Bygg.no - Byggeindustrien*, 12-nov-2017. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.bygg.no/annonsorinnhold/1332992?category=content+marketing>. [Åpnet: 24-apr-2018].
- [36] «3D BIM Modell - Tegninger og 3D-Modell på byggeplassen», *StreamBIM*. [Online]. Tilgjengelig på: <https://streambim.com/no/>. [Åpnet: 23-apr-2018].

Vedlegg

Vedlegg 1: Intervjuguide

Vedlegg 2: Epost-intervju

Vedlegg 1: Intervjuguide

Generelle spørsmål

- Fakta:
 - Bakgrunn (utdanning, tidligere arbeidserfaring, andre relevante opplysninger)?
 - Stilling (når startet du, hvor mange år)?
 - Hvilket prosjekt/bygningstype?
- Hva er din rolle i prosjektet?

Fremdriftsplanlegging i Sortland Entreprenør

Organisasjonen

- Hvilken planleggingsmetode bruker organisasjonen i prosjekter? Beskriv planleggingsprosessen steg.

Fremdriftsplanlegging

- Hvem utfører planleggingen?
- Hvilke ulike planer benytter dere i prosjektet?
 - Når lages de ulike planene (fremdriftsplan, beslutningsplan, ukeplaner og bestillingsplaner) i forhold til prosjektstart?
 - Hvor mye tid bruker dere på dette?
 - Hvordan inndeles ansvaret for de ulike planene?
 - Hvordan gjennomføres det praktiske arbeidet av disse planene?
- Hvordan involveres andre parter (arkitekt, byggherre, underentreprenører) i de forskjellige stadiene av planleggingen?
- Hvordan følger dere opp fremdriftsplanen og til hvilken grad?
- Hvis en aktør henger etter fremdriftsplanen, hvordan blir dette håndtert?
- Hvor synlig er det for andre aktører i prosjektet hvis noen henger etter?
- Hvilke utfordringer er det med fremdriftsplanleggingen i dag?
- Hva skyldes eventuelt forsinkelser i prosjektet?

Planleggingsverktøyer

- Hvordan benyttes ulike planleggingsverktøy i organisasjonen og prosjekter?
- Hvilke programmer blir brukt i forbindelse med planleggingen? Hvorfor.
- Hvilke programmer blir brukt til ulike planer?
- Har alle rett kompetanse til å benytte seg av tilgjengelige verktøyer?

Videre utvikling

- Er det noen verktøyer dere ser for dere kunne vært nyttig for fremdriftsplanleggingen?
- Vil det ha effekter og hvilken effekt ville det gitt om fremdriftsplanen blir illustrert med bilder?

BIM i Sortland Entreprenør

Organisasjonen

- Hvordan benyttes Solibri/3D BIM i organisasjonen og prosjekter?
- Hvor lenge har organisasjonen benyttet seg av BIM, når ble det implementert?
- Hvor mange prosjekter har blitt gjennomført med bruk av BIM?

BIM i prosjektet

- Hvordan brukes Solibri/3D BIM på prosjektet?
- Hvordan brukes 3D-modell i prosjekteringen?
- Hvordan brukes 3D-modell på byggeplass?
- Hvilke effekter har 3D BIM gitt prosjektet?
- Hvilken effekt har det hatt på produksjonen?

BIM i fremtiden

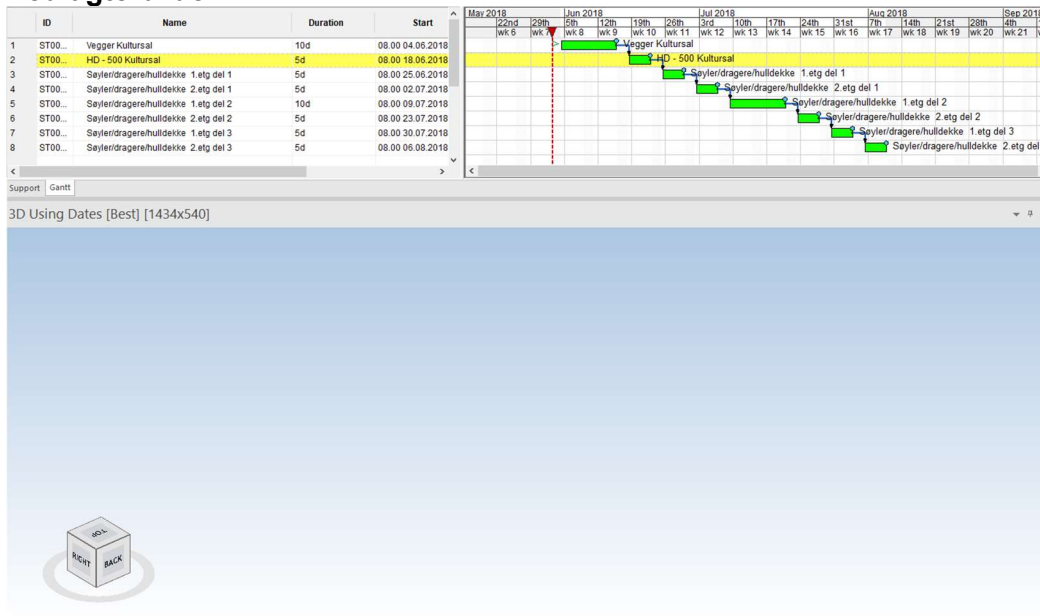
- Hvilke flere muligheter med 3D-modellen ser dere som ikke er benyttet tidligere?
- Hvilken effekter vil det gi med økt tilgjengelighet på 3D-modell på byggeplass?
- Hvis man hadde et verktøy man kunne markert feil og avvik på plantegninger med bilder, hvilke effekter ville dette gitt?
- Hvilke utfordringer ville implementering av digitale 3D-tegninger på byggeplass?
- Hvilke effekter vil det gi hvis fremdriftsplanen er linket opp mot 3D-modellen?

Vedlegg 2: E-post intervju

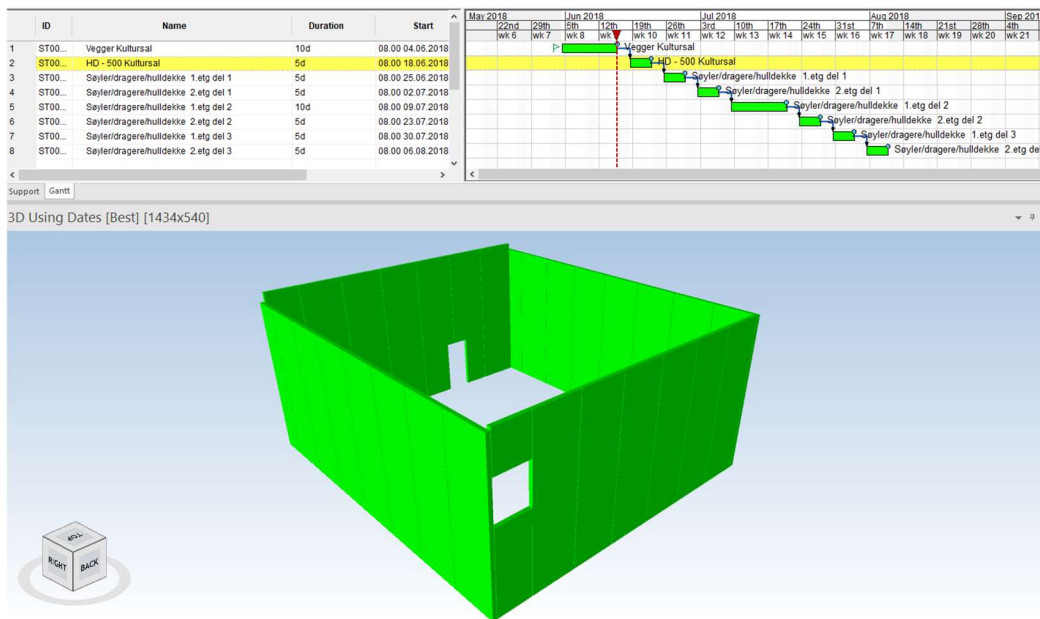
Vedlagte bilder er fra Lødingen skole og viser montasje av betongbæresystem og dekker. Bildene viser en kombinasjon av 3D modell og fremdriftsplan. Det vil si at når man beveger/flytter seg med fokuslinja (rød stiplet linje) vil 3D-bildet vise hvor langt man er kommet i fremdriftsplanen. Grønne elementer illustrerer bygningsdeler som bygges.

- Vil dette gjøre fremdriftsplanen mer oversiktlig/lettere å følge opp?
- Vil dette gi noen effekt?

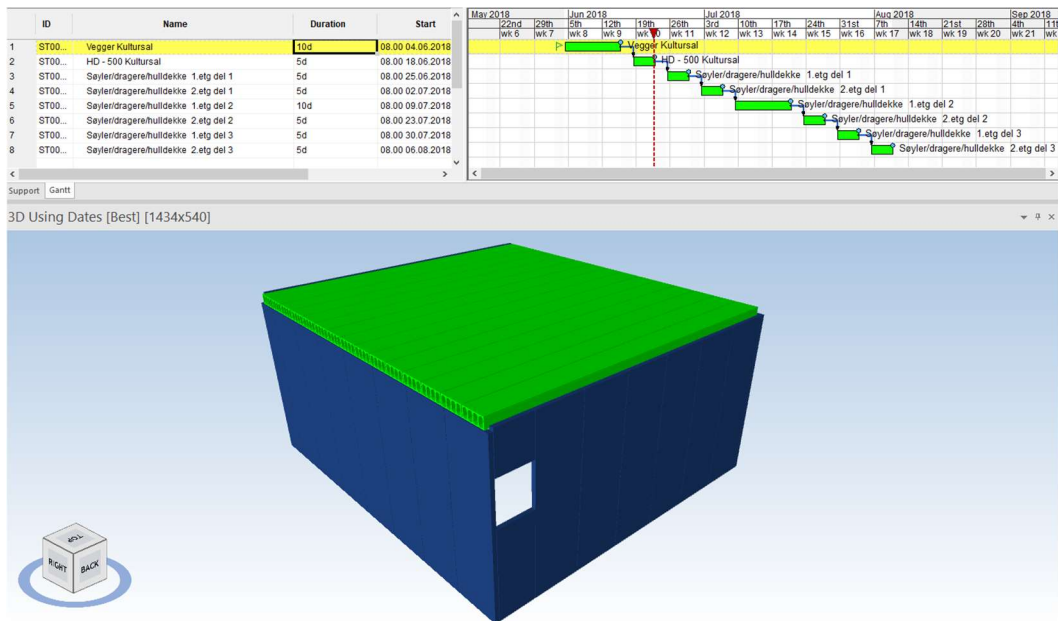
Vedlagte bilder:



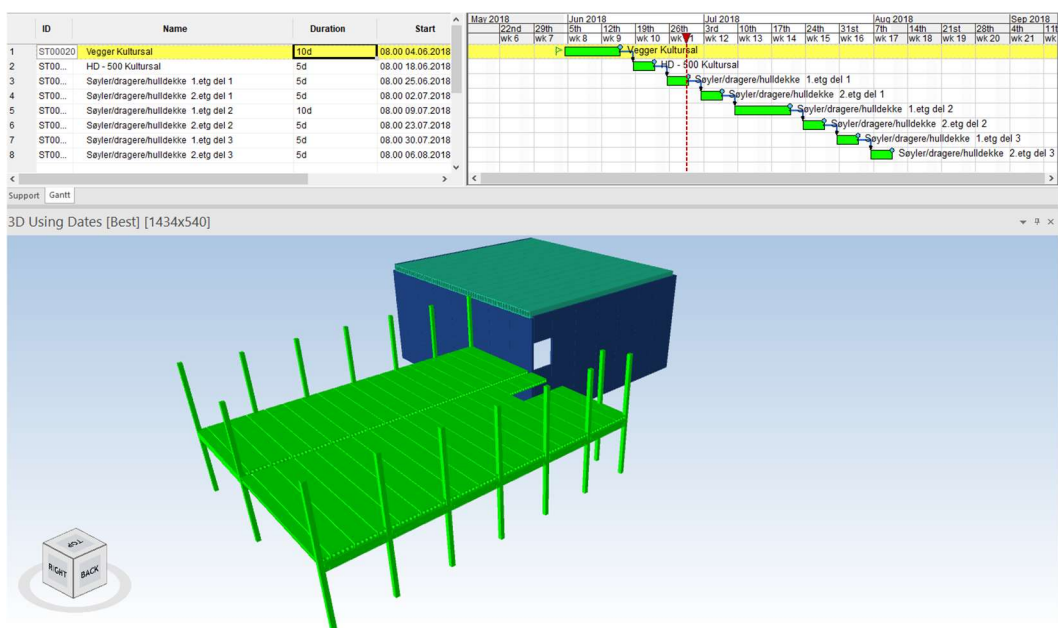
Bilde 1: Før prosjektstart



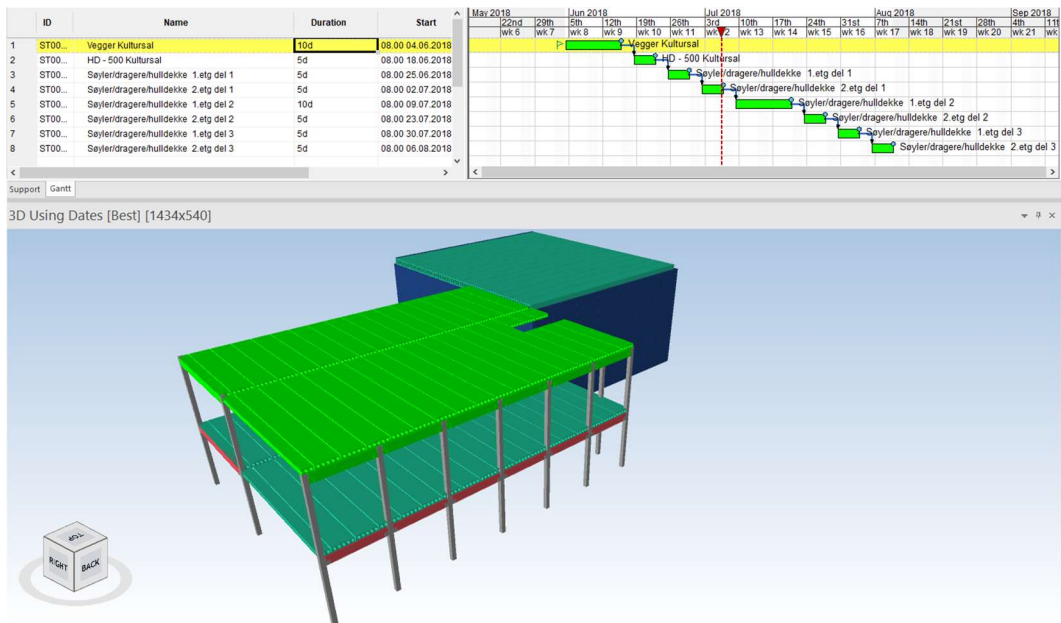
Bilde 2: Etter 10 dager.



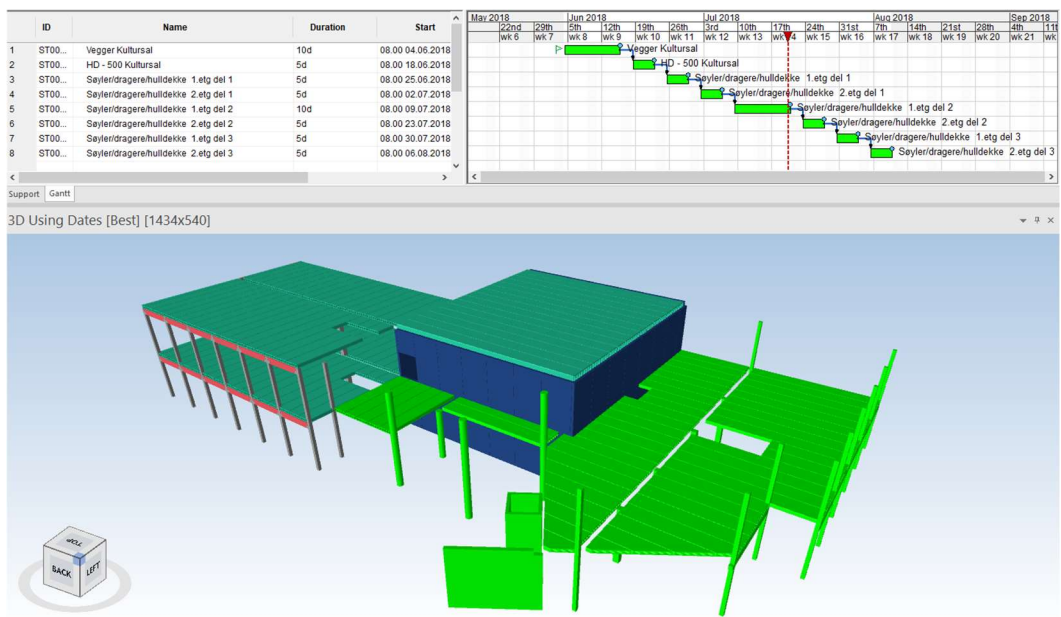
Bilde 3: Etter 15 dager.



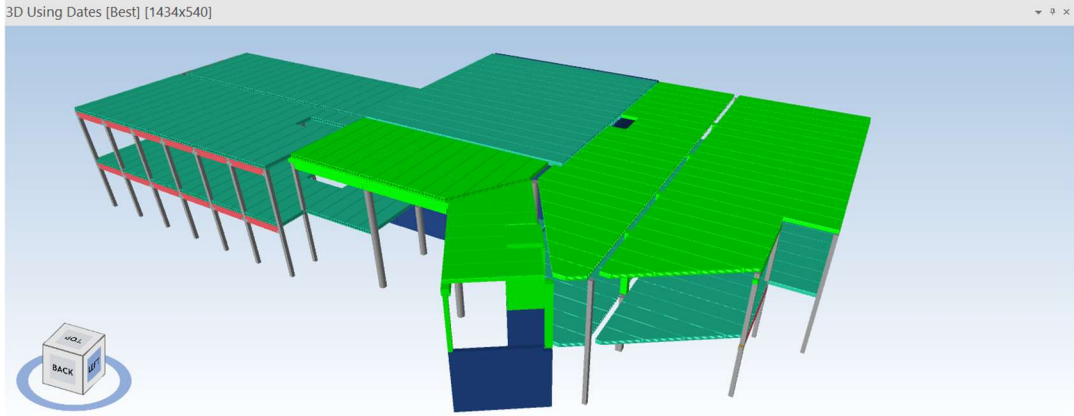
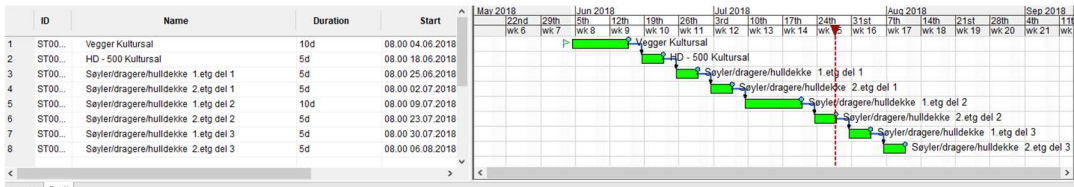
Bilde 4: Etter 20 dager.



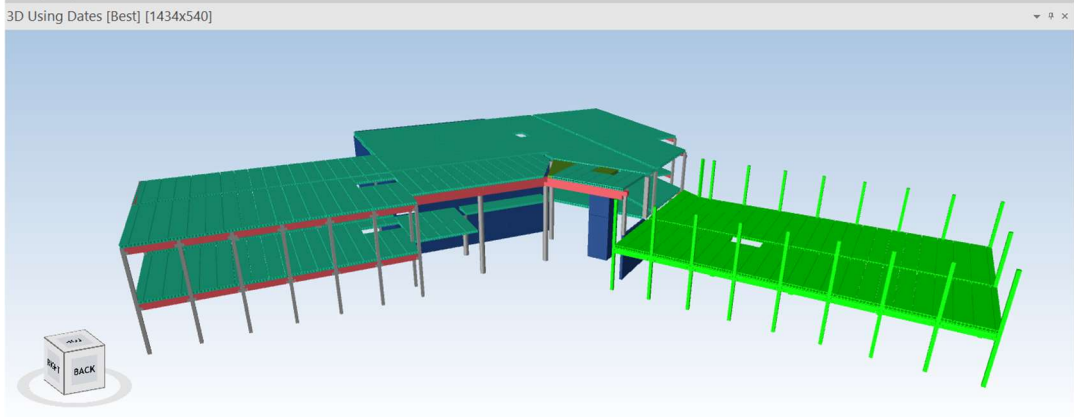
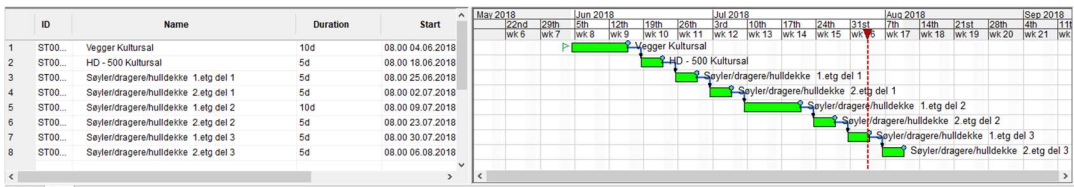
Bilde 5: Etter 25 dager.



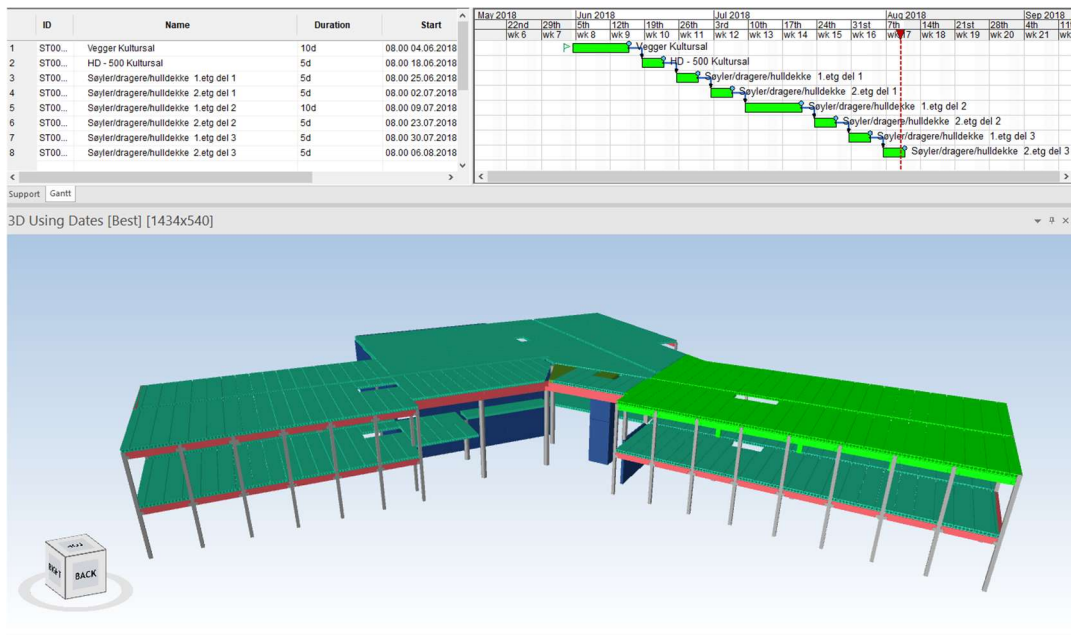
Bilde 6: Etter 35 dager.



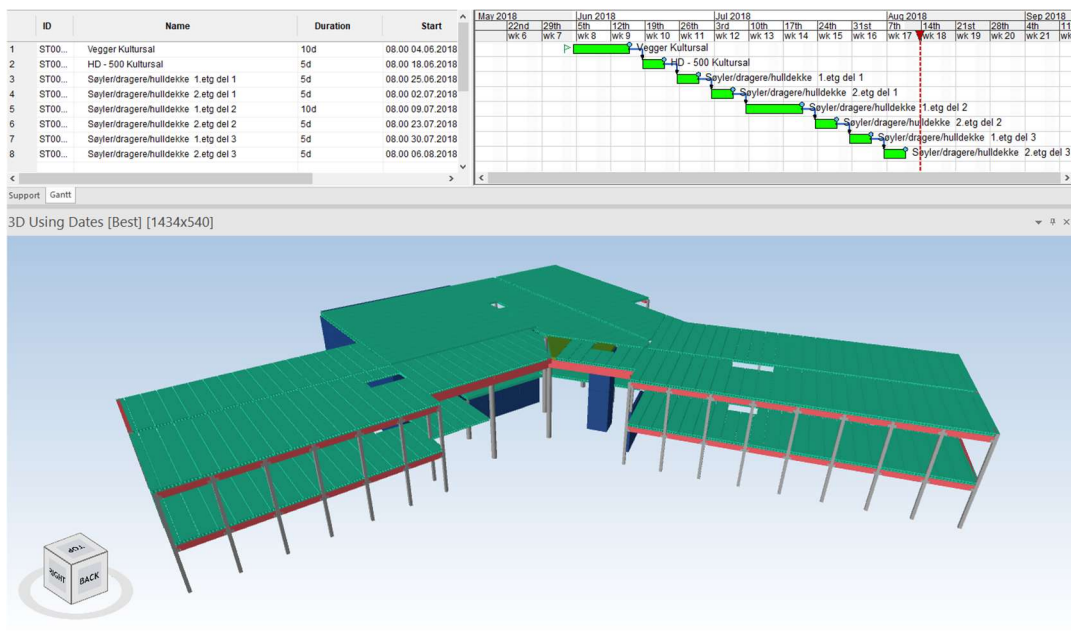
Bilde 7: Etter 40 dager.



Bilde 8: Etter 45 dager.



Bilde 9: Etter 50 dager.



Bilde 10: Prefabrikkerte elementer ferdig montert.