

Sondre Gran

Effekter av totalentreprenørens valg av underentrepriser i byggeprosjekter

Simulering av prosjektorganisasjoner

Juni 2020



Kunnskap for en bedre verden

Effekter av totalentreprenørens valg av underentrepriser i byggeprosjekter

Simulering av prosjektorganisasjoner

Sondre Gran

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: Juni 2020

Hovedveileder: Olav Torp, IBM

Medveileder: Saad Ahmad, IBM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg - og miljøteknikk

Forord

Masteroppgaven er utarbeidet våren 2020 ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU, og er en avsluttende del av sivilingeniørutdanningen. Oppgaven er et resultat av arbeidet utført i emnet *TBA4910 Prosjektledelse, masteroppgave*, som utgjør 30 studiepoeng, og tilsvarer ett semester etter normert studieprogresjon.

Oppgaven har gitt meg muligheten til å utforske det omfattende beslutningsverktøy SimVision®, hvor en modellerer og simulerer forskjellige scenarioer i prosjektorientert arbeid. Forståelse rundt slike hjelpemidler er noe jeg kan ta med meg inn i karrierelivet som prosjektingeniør. I tillegg har studien latt meg forstå fordeler og ulemper ved valg av forskjellige underentreprisereformer, spesielt gjennom å høre erfaringer fra aktører i bransjen.

Først og fremst vil jeg rette en stor takk til Mark Triesch og Russ Cusimano, representanter fra ePM, LLC, som gjennom utallige Skype-samtaler har veiledet meg i bruken av SimVision. I tillegg vil jeg takke Vedals prosjektleder for Kværnertoppen for gode samtaler og informasjonsutveksling. Jeg vil også takke samtlige intervjuobjekter som har stilt opp og delt informasjon som har vært veldig verdifull for meg og mitt arbeid. Til slutt vil jeg takke veilederne mine: Førsteamanuensis ved NTNU, Olav Torp, og doktorgradsstipendiat ved NTNU, Saad Ahmad, for veiledning og bidrag til å forme oppgaven.

Trondheim, 11. juni 2020



Sondre Gran

Sammendrag

Formålet med masteroppgaven er todelt. Først er det ønskelig å undersøke hvordan simuleringsverktøyet SimVision® kan virke som et beslutningsverktøy for prosjektorganisasjoner i norske byggeprosjekter. Ved å modellere og simulere Vedals prosjekt, Kværnertoppen, er det forsøkt å undersøke i hvilken grad prosjektets produktivitet blir påvirket av totalentreprenørens valg av underentrepriseformer. Dette er det andre formålet med studien, og her er det skilt mellom totalunderentreprise og delte underentrepriser.

Ved bruk av både kvalitative og kvantitative forskningsmetoder, er det utført en utforskende studie med følgende metoder: Litteraturstudie, semi-strukturerte intervjuer, casestudie av Kværnertoppen, modellering og simulering av byggeprosjektet med ulike tilhørende scenarioer. Oppgaven er motivert av Bygg21 sitt råd angående industrialisering av byggeprosessen gjennom organisering og teknologibruk, for å oppnå effektive, lønnsomme og bærekraftige byggeprosjekter. Gjennom veiledning og litteratursøk er SimVision oppdaget til å være et simuleringsverktøy som analyserer organisasjoner i prosjektrelatert arbeid. I tillegg gir programvaren brukeren muligheten til å sammenligne prosjektets produktivitet med andre mulige løsninger.

Det er utført et litteratursøk knyttet til fordeler og ulemper ved å kontrahere totalunderentreprenører eller dele opp prosjektering og produksjon, fra totalentreprenørs ståsted. I tillegg er det holdt semi-strukturerte intervjuer med syv forskjellige representanter fra fem forskjellige norske totalentreprenører for å undersøke temaet. Gjennom litteraturstudien og intervjuene er det også forsøkt å kartlegge hvordan entreprenørene går frem i kontraheringsprosessen av underentreprenører.

I studien er det forklart hvordan en kan modellere et byggeprosjekt i SimVision. Nøkkelelementer og -innstillinger er først forklart, før en grundig gjennomgang av hvordan Kværnertoppen er modellert i programmet er vist. En slik prosess er svært tidkrevende og krever omfattende informasjon om prosjektet, derav casestudien. Videre er det utledet scenarioer med bakgrunn i grunnmodellen, for å se hvordan endringer påvirker utfallet til prosjektet. I et forsøk på å se tydeligere forskjeller mellom de to underentrepriseformene, er det laget en modell hvor kun de tekniske fagene og prosjektledelsen er inkludert.

Antagelser knyttet til aktiviteter og aktører i byggeprosjektet er gjort for å forenkle modelleringen. Samtidig er det forsøkt å holde påliteligheten og gyldigheten til modellene og resultatene så gode som mulig. Simuleringene bekrefter delvis intervjuobjektene påstander om at økt andel totalunderentreprenører minker risikoen til totalentreprenøren, og kan minke varigheten til prosjektet. Samtidig støtter noen av resultatene påstandene om at en kan spare penger ved å dele opp prosjekteringen og produksjonen, og ikke betale risikopremie. Viktigheten av direkte kommunikasjonslinjer mellom de prosjekterende i prosjekter er ikke vist gjennom resultatene fra simuleringene.

SimVision er gammeldags. Noen funksjoner er vanskelig å bruke, og modelleringsprosessen er så tidkrevende at det er stilt spørsmål ved om programvaren er lønnsom nok til å benytte i kommersiell sammenheng i den norske byggesektoren ennå. Likevel er SimVision sett på som et nyttig og godt hjelpemiddel til å undersøke hvordan prosjekter burde organiseres.

Abstract

The aim of the master thesis is split into two parts. First, it is desirable to investigate how the simulation tool, SimVision®, can be used as a decision-making tool for project organizations in Norwegian construction projects. By modelling and simulating Vedal's project, Kværnertoppen, it is attempted to research to what degree the project's productivity is influenced by the total contractor's choice of subcontract forms. This is the second aim of the study, and it is divided between total subcontracts and split subcontracts.

By using both qualitative and quantitative research methods, an explorative study has been performed with the following methods: Literature study, semi-structured interviews, case study of Kværnertoppen, and modelling and simulating the construction project including various scenarios. The thesis is motivated by Bygg21's advice concerning industrialising the construction process through organization and the use of technology, to achieve effective, profitable and sustainable construction projects. SimVision is discovered to be a simulation tool that analyses organizations in project related work, through guidance and a literature study. In addition, the software gives the user the opportunity to compare the project's productivity to other possible solutions.

A literature study concerning advantages and disadvantages in contracting total subcontractors or split the design and the production from the total contractor's point of view, has been conducted. In addition, semi-structured interviews with seven different representatives from five different Norwegian total contractors have been held to investigate the topic. Through the literature study and the interviews there have also been attempted to map how the entrepreneurs approach the process of hiring subcontractors.

How to model a construction project in SimVision is described in the study. First, key elements and settings are explained, before a thorough description of how Kværnertoppen is modelled in the program is shown. A process like this is very time consuming and requires comprehensive information about the project, thereof the case study. Furthermore, scenarios based on the baseline are derived to see how changes can affect the outcome of the project. In an attempt to see differences between the two subcontract forms more clearly, a model where only the technical workers and the project leadership were included was made.

Assumptions related to the activities and positions in the construction project have been made to simplify the modelling. At the same time, attempts have been made to keep the validity and reliability of the study as high as possible. The simulations partially confirm the claims from the interviewees that an increased number of total subcontractors decreases the risk for the total contractor and may decrease the duration of the project. At the same time, the results support the claims that you can save money by splitting the design and the production, and not paying for the risk. The importance of direct communication lines between the designers is not shown through the simulations results.

SimVision is quite old-fashioned. Some functions are hard to use, and the modelling process is so time consuming that questions have been asked if the software is profitable enough to implement commercially in the Norwegian construction industry yet. Nevertheless, SimVision is seen as a useful tool to investigate how projects should be organized.

Innhold

Forord	v
Sammendrag	vi
Abstract	viii
Figurliste.....	xiv
Tabelliste	xvi
1 Introduksjon	17
1.1. Motivasjon for simulering i SimVision.....	17
1.2. Bakgrunn for simulering av underentreprisevalg	18
1.3. Formål.....	18
1.4. Struktur i oppgaven	19
1.5. Avgrensninger	20
1.6. Samarbeidspartnere	21
1.6.1. ePM	21
1.6.2. Vedal AS	21
1.7. Begrepsavklaring	21
2 Teoretisk grunnlag.....	22
2.1. Virtual Design Construction (VDC).....	22
2.1.1. Produkt, Organisasjon og Prosess (POP).....	23
2.2. SimVision – Bakgrunn og historie	24
2.2.1. Virtual Design Team - VDT.....	24
2.2.2. Programvaren SimVision	27
2.3. Kontrahering av underentreprenør.....	30
2.3.1. Kontraktstrategi.....	30
2.3.2. Underentrepriseformer	32
2.3.3. Fordeler og ulemper ved delte underentrepriser	32
2.3.4. Fordeler og ulemper ved totalunderentreprise	33

2.3.5.	Hvilken underentrepriseform velger norske totalentreprenører tradisjonelt?	35
3	Metode.....	36
3.1.	Forskningsstrategi.....	36
3.1.1.	Kvalitativ og kvantitativ metode	36
3.1.2.	Induktiv eller deduktiv tilnærming.....	37
3.1.3.	Reliabilitet og validitet	37
3.2.	Metodeoversikt	38
3.2.1.	Begrunnelse for valg av metode.....	38
3.3.	Forskningsmetoder	40
3.3.1.	Litteraturstudie	40
3.3.2.	Semi-strukturerte intervjuer	43
3.3.3.	Casestudie.....	47
3.3.4.	Bakgrunn for simulering i SimVision	50
4	Resultater fra intervjuer.....	53
4.1.	Hvordan kontraherer totalentreprenør underentreprenører?	53
4.1.1.	Kontraheringsprosessen	53
4.1.2.	Hvordan gå ut i markedet - Bekjente selskaper?	54
4.1.3.	Erfaringsdeling	55
4.2.	Hvorfor velge totalunderentreprise?	55
4.2.1.	Begrunnelse	55
4.2.2.	For hvilke fag er totalunderentreprise vanlig?	56
4.2.3.	Erfaringer med valg av totalunderentreprise	56
4.2.4.	Påvirkning på organisasjonen/prosjektledelsen	56
4.2.5.	Anbefalinger	56
4.3.	Hvordan virker kommunikasjonen med og mellom TUE?	57
4.3.1.	Organisering	57
4.3.2.	Deltakelse i prosjekteringsmøter	58

4.3.3.	Samarbeid mellom TUE-ene	58
5	Casestudie – Kværnertoppen.....	59
5.1.	Om Kværnertoppen	59
5.2.	Prosjektmål	60
5.3.	Prosjektstruktur.....	60
5.4.	Milepæler og gjennomføringsplaner	61
5.5.	Møtestruktur	62
6	Simulering av byggeprosjekt i SimVision	64
6.1.	Lage grunnmodell i SimVision.....	64
6.1.1.	Modelleringselementer og -innstillinger	64
6.1.2.	Resultater av en simuleringsprosess.....	69
6.2.	Modellere Kværnertoppen i SimVision.....	70
6.2.1.	Organisasjonsstruktur	70
6.2.2.	Ressurser	72
6.2.3.	Aktiviteter og milepæler.....	73
6.2.4.	Møter	74
6.2.5.	Kostnader	75
6.2.6.	Rework- og kommunikasjonskoblinger	76
6.2.7.	Prosjektsansynligheter.....	76
6.2.8.	Balansering av grunnmodell.....	77
6.3.	Resultater fra simulering av grunnmodell	78
6.3.1.	Modell uten prosjektsansynligheter	78
6.3.2.	Grunnmodell – med prosjektsansynligheter.....	79
6.3.3.	Resultater fra balansering av grunnmodell.....	80
6.3.4.	Vurdering av grunnmodell	83
6.4.	Scenarier	85
6.4.1.	Modellering av scenarier	85

6.4.2.	Resultater fra scenarier	87
6.5.	Grunnmodell – tekniske fag	89
6.5.1.	Resultater og vurdering av Grunnmodell – tekniske fag	91
6.6.	Scenarier – tekniske fag	93
6.6.1.	Resultater fra tekniske scenarier	94
7	Diskusjon og analyse	97
7.1.	Muligheter og utfordringer ved å simulere et byggeprosjekt i SimVision	97
7.2.	Totalentreprenørers kontrahering av underentreprenører	99
7.3.	Totalunderentreprise eller delte underentrepriser?	100
7.4.	Underentreprisevalgets påvirkning på prosjektets utfall	101
7.4.1.	Analyse av simuleringsresultater fra original grunnmodell	101
7.4.2.	Analyse av simuleringsresultater fra teknisk grunnmodell	102
7.4.3.	Drøfting av funn fra simuleringer, intervjuer og teori	103
8	Konklusjon og videre arbeid	106
8.1.	Bruk av SimVision i byggebransjen	106
8.2.	Totalentreprenørers kontrahering av underentreprenører	106
8.3.	Totalunderentreprise eller delte underentrepriser?	107
8.4.	Underentreprisevalgets påvirkning på prosjektets utfall	108
8.5.	Vurdering av forskningsmetode	108
8.6.	Videre arbeid	109
	Referanseliste	110
	Vedlegg	114

Figurliste

Figur 1. Verktøy og metodikk innenfor VDC-rammeverket.....	23
Figur 2. Oversikt over POP-modell (Fischer, 2005).	24
Figur 3. VDT-modell. Koordineringsarbeid for en aktør (Jin og Levitt, 1996).....	26
Figur 4. Prosessen av å transformere data fra et ekte prosjekt til inndata i VDT (Jin og Levitt, 1996).....	26
Figur 5. Agent-basert-modellering (Edmonds, 2000).	28
Figur 6. Kontraktstrategi. Totalentreprenør mot underentreprenør (Lædre, 2012).....	31
Figur 7. Metodeoversikt, med henholdsvis kvantitativ og kvalitativ tilnærming	38
Figur 8. Arkitektonisk modell av Kværnertoppen (Løvseth + Partner AS, u.å.)	59
Figur 9. Totalentreprenørs prosjektorganisasjon.....	60
Figur 10. Prosjekteringsgruppen	61
Figur 11. Eksempel på grunnmodell i SimVision (Triesch og Mancusi, 2016).....	65
Figur 12. Korrelasjon mellom prosjekttegnegenskaper (Kooy, 2012).....	69
Figur 13. Sammenligning av arbeidsvolum for to forskjellige scenarioer (Kooy, 2012).	70
Figur 14. Organisasjonskart Kværnertoppen grunnmodell i SimVision.....	71
Figur 15. Kalkulator for å beregne arbeidsvolum i SimVision	73
Figur 16. Eksempel på kommunikasjonskobling.	76
Figur 17. Prosjektsansynligheter og innstillinger for organisasjonskultur i grunnmodell	77
Figur 18. Kostnadsgraf fra modell uten prosjektsansynligheter.	78
Figur 19. Sammenligning av kostnad og tidsbruk mellom grunnmodell og modell uten prosjektsansynligheter	79
Figur 20. Sammenligning av mengde arbeid, rework, koordinering- og beslutningstid mellom grunnmodell og modell uten prosjektsansynligheter.	80
Figur 21. Modellert oversikt over antall arbeidere på byggeplassen	80
Figur 22. Sammenligning mellom grunnmodell og balanserings-scenario 3.....	81
Figur 23. Mengden rework for LARK og RIG med rework-kobling i % sammenlignet med absoluttverdi i grunnmodellen.....	81
Figur 24. Sammenligning av kostnad, varighet og risiko mellom grunnmodell uten og med møter.....	82
Figur 25. Sammenligning av mengde arbeid, rework, koordinering- og beslutningstid mellom grunnmodellen uten og med møter.....	82
Figur 26. Sammenligning varighet og kostnad scenario 1 og grunnmodell.....	87

Figur 27. Sammenligning arbeidsvolum scenario 1 og grunnmodell.	87
Figur 28. Sammenligning varighet, kostnad og risiko mellom scenario 2 og grunnmodell. ...	88
Figur 29. Sammenligning arbeidsvolum mellom scenario 2 og scenario 1.	88
Figur 30. Organisasjon teknisk grunnmodell	90
Figur 31. Teknisk grunnmodell	90
Figur 32. Varighet og kostnader for grunnmodellen med de tekniske fagene.	91
Figur 33. Sammenligning av arbeidsmengde for elektroarbeid mellom original grunnmodell og teknisk grunnmodell.	92
Figur 34. Sammenligning av teknisk scenario 1 og teknisk grunnmodell med færre møter....	95
Figur 35. Sammenligning mellom teknisk scenario 4 og teknisk scenario 5	96

Tabelliste

Tabell 1. Struktur i masteroppgaven	19
Tabell 2. Begrepsavklaring	21
Tabell 3. Sammenligning av Simvision og krav til et simuleringsverktøy (Kooy, 2012).....	29
Tabell 4. Metodevalg for å besvare forskningsspørsmål.....	39
Tabell 5. Søkematrise SimVision.....	41
Tabell 6. Søkematrise underentrepriseform	41
Tabell 7. Intervjuoversikt	45
Tabell 8. Elementer i modelleringsplan.	51
Tabell 9. Prosjekt mål.....	60
Tabell 10. Møteoversikt	62
Tabell 11. Generelle elementer i en grunnmodell (Gjerde, 2017).	65
Tabell 12. Finansielle innstillinger.....	66
Tabell 13. Organisasjonskultur	67
Tabell 14. Prosjektsannsynligheter.....	68
Tabell 15. Utdrag av aktiviteter fra grunnmodellen.....	74
Tabell 16. Møteoversikt grunnmodell.....	75
Tabell 17. Oversikt over balanserings-scenarier	77
Tabell 18. Resultater fra balanserings-scenarier.	83
Tabell 19. Oversikt over scenarier	85
Tabell 20. Resultater scenario 3-6.....	89
Tabell 21. Oversikt over tekniske scenarier.	93

1 Introduksjon

I de kommende kapitlene er motivasjonen og bakgrunnen for oppgavetemaet utdypet, før formålene og forskningsspørsmål er definerte. Videre er strukturen i oppgaven, dens begrensninger og samarbeidspartner beskrevet, før relevante begreper er forklarte i tabell 2.

1.1. Motivasjon for simulering i SimVision®

Et samarbeid mellom bygg- og eiendomsnæringen og statlige myndigheter, *Bygg21*, gav i 2019 tre råd som skal gi flere effektive, lønnsomme og bærekraftige byggeprosjekter. Et av rådene er å industrialisere byggeprosessen, og er delt opp i fem dimensjoner. To av dem er henholdsvis organisering og teknologibruk. Ved organisering står valg av prosess og prosjektorganisering sentralt. Under teknologibruk er *BIM* nevnt som en kraftfull plattform for informasjonsflyt, og *VDC* omtalt som et godt verktøy. *Bygg21* etterlyser at bransjen tar i bruk ny teknologi for at de forskjellige aktørene i prosjekter skal jobbe mer effektivt sammen (*Bygg21*, 2019).

SimVision® er et simuleringsverktøy for prosjektorganisasjoner. Verktøyet ble først og fremst utviklet for å modellere, observere og analysere prosjekter for å se på prosjektorganisasjonens prestasjon (Levitt, 2012). *SimVision* kan også modellere andre scenarioer som utløper fra den originale modellen. Ved å sammenligne det nye scenarioet med grunnmodellen, kan en oppdage nye tilnærminger, begrensninger og usikkerheter som kan påvirke prosjektets produktivitet og risiko. Hvis modellen er presis nok, vil utslaget av en endring i modellen tilsvare det samme utslaget i det faktiske prosjektet (Levitt, 2012). Den eksperimentelle funksjonen gir økt forståelse av organisasjoner, og er av *ePM, LLC* (2005), utvikleren av *SimVision*, sett på som en nøkkelfunksjon. Med studien ønsker en å undersøke om *SimVision* er et teknologisk virkemiddel som kan vurdere organisering i byggeprosjekter, som etterlyst av *Bygg21*.

Masteroppgaven er en videreføring av arbeidet med «Hvordan kan simuleringsverktøy påvirke organisasjonen i byggeprosjekter?» (Gran, 2019) utført i faget *TBA4531 Prosjektledelse, fordypningsprosjekt*. Her er bakgrunnen for *SimVision* undersøkt, hvilke prosjekter programvaren er brukt i tidligere, og om det eksisterer andre simuleringsverktøy en kan benytte som usikkerhetsverktøy i byggebransjen. Hovedmålet var å finne scenarioer fra norske byggeprosjekter som kunne være interessante å modellere i *SimVision*. Deler av teorikapittelet i denne oppgaven er basert på litteratursøket utført i forbindelse med det tidligere arbeidet.

1.2. Bakgrunn for simulering av underentreprisevalg

Da det var bestemt å modellere et byggeprosjekt med simuleringverktøyet SimVision, startet arbeidet med å finne et passende prosjekt. Gjennom tidligere arbeid var det undersøkt hvilke scenarioer som kunne være interessante å modellere ved hjelp av SimVision, og et par entreprenører ble kontaktet for å høre om de kunne stille med informasjon fra ett av sine prosjekter (Gran, 2019). Idet forfatteren endte opp med Vedals prosjekt *Kværnertoppen*, passet ingen av de mulige scenarioene som var uttenkt på forhånd. Under gjennomgangen av prosjektdataene oppdaget forfatteren, i samarbeid med veileder, muligheten for å undersøke i hvilken grad valg av underentrepriser påvirker ytelsen til prosjektet.

Videre ble det utført et litteratursøk knyttet til valg av underentrepriseform, og aktuelle forelesere fra NTNU ble kontaktet for å drøfte problemstillingen. Da det var funnet lite litteratur rundt temaet, bestemte forfatteren seg for å utlede scenarioer knyttet til utfordringer rundt valg av underentrepriseform i SimVision. Det var riktignok funnet litteratur knyttet til byggherrens kontrahering av entreprenører, men lite som hadde totalentreprenørs ståsted som utgangspunkt.

Entrepriseformen i en kontrakt mellom totalentreprenør og underentreprenør legger selve grunnlaget for hvordan prosjektet organiseres og hvem som har ansvar for hvilke oppgaver (Lædre, 2009). Totalentreprenør inngår ofte flere titalls kontrakter på flere millioner kroner med forskjellige underentreprenører gjennom et prosjektløp (Welde *et al.*, 2018), så totalentreprenøren har mye å vinne på å organisere seg på en best mulig måte, slik at arbeidet blir utført med forventet kvalitet og innenfor rimelig pris. Oppgaven skiller mellom totalunderentrepriser, hvor underentreprenøren er ansvarlig for prosjektering og utførelse av gitte oppgaver, og delte underentrepriser, hvor totalentreprenøren har leid inn separate prosjekterende og utførende aktører (Cappelen, 1994).

1.3. Formål

Formålet med studien er todelt. For det første, er formålet å undersøke hvordan simuleringverktøyet SimVision kan virke som et beslutningsverktøy for prosjektorganisasjoner i byggeprosjekter. Det er gjort gjennom å modellere Vedals byggeprosjekt, *Kværnertoppen*, i SimVision.

Det andre formålet er å undersøke hvordan totalentreprenørens valg av underentrepriseform påvirker byggeprosjektets produktivitet. Med utgangspunkt i SimVision-modellen er det laget scenarioer hvor endringer blant underentreprenørene er gjort, slik at en kan simulere effekten av valg av underentrepriseform. I tillegg er norske totalentreprenører intervjuet, for å avdekke hvordan de velger underentrepriseform.

For å innfri formålene er følgende forskningsspørsmål stilt angående simuleringsverktøyet SimVision:

1. Hvilke muligheter og utfordringer dukker opp gjennom å simulere et byggeprosjekt i SimVision?

Og angående valg av underentrepriseform:

2. Hvordan foregår kontraheringsprosessen av underentreprenører for norske totalentreprenører?
3. Hvordan velger norske totalentreprenører mellom å kontrahere totalunderentreprenør og å separere prosjektering og produksjon i delte underentrepriser?
4. I hvilken grad kan valg av kontrahering av underentreprenører påvirke produktiviteten til et prosjekt?

1.4. Struktur i oppgaven

Å presentere teorien før metoden er bestemt siden det er gjort få studier knyttet til hvordan valg av underentrepriseform påvirker produktiviteten til byggeprosjekter. En oversikt over strukturen i oppgaven er vist i tabell 1.

Tabell 1. Struktur i masteroppgaven

Introduksjon	Metode	Bakgrunn for resultater	Resultater	Analyse og diskusjon	Konklusjon
Kapittel 1	Kapittel 3	Kapittel 2 Kapittel 5	Kapittel 4 Kapittel 6	Kapittel 7	Kapittel 8

Kapittel 2 presenterer den teoretiske bakgrunnen til studien. Først er teori knyttet til oppbygningen og utviklingen av SimVision forklart, før forskjellige underentrepriseformer er omtalt, og fordeler og ulemper ved dem er presentert.

Kapittel 3 beskriver forskningsmetodene som er brukt for å innhente informasjon og utføre studien. Valg av forskningsmetode er begrunnet, før hver enkelt metode er forklart og evaluert.

Kapittel 4 viser resultatene fra intervjuene med representanter fra norske totalentreprenører, hvordan de arbeider for å kontrahere underentreprenører, og deres erfaringer rundt fordeler og ulemper ved valg av totalunderentrepriser eller oppdelt prosjektering og produksjon er omtalt.

I *kapittel 5* er resultatene fra casestudien av Vedals prosjekt Kværnertoppen presentert. Resultatene fra casestudien er bakgrunnen for modelleringen av prosjektet i SimVision, og er derfor sett på som en del av bakgrunnen for resultatene.

I *kapittel 6* er arbeidet med simuleringsverktøyet SimVision presentert. Først er nøkkelementer og -innstillinger forklart, før modelleringen av Kværnertoppen er grundig forklart. Grunnmodellene er vurdert og resultatene fra simuleringen er til slutt presentert.

Under *kapittel 7* er resultatene fra de forskjellige forskningsmetodene diskutert mot hverandre og opp mot forskningsspørsmålene. I tillegg er simuleringsresultatene analysert.

Kapittel 8 konkluderer og oppsummerer spørsmålene drøftet i diskusjonen, før det er gjort en totalvurdering av forskningsmetodene og anbefalinger for videre arbeid er presentert.

1.5. Avgrensninger

På grunn av mangelen på erfaring knyttet til programvaren og tidsbegrensningen i oppgaven er det valgt å kun simulere ett byggeprosjekt i SimVision. Programvaren er valgt på anbefaling fra veileder, og det er ikke grundig undersøkt om en kunne benyttet et annet simuleringsverktøy. Simuleringen av Kværnertoppen er modellert i tidsperiodene da underentreprenørene var aktive i prosjektet, fra prosjekteringsstart til produksjonsslutt, fordi en ønsket å undersøke hvordan valg av underentrepriseform påvirker prosjektets produktivitet.

Det er valgt å undersøke effekten av valg av underentrepriseform fra en totalentreprenørs ståsted. Det var antatt å være lite komplisert å få tilsendt prosjektdata fra et slikt prosjekt, og få kontakt med relevante intervjuobjekter, siden entrepriseformen er vanlig i norske

byggeprosjekter. Det er valgt å sammenligne bruken av totalunderentrepriser med delte underentrepriser, siden de er sett på som ytterpunktene blant valg av underentreprisform.

1.6. Samarbeidspartnere

1.6.1. ePM

ePM er eier av programvaren SimVision. Bedriften ønsker å skape løsninger for å øke produktiviteten til organisasjoner i prosjekter. Gjennom vitenskapen rundt organisasjonsstruktur og organisasjonsutvikling prøver ePM å oppnå forutsigbare prosjektplaner for å sikre profitt (ePM, 2020). ePM har gitt forfatteren tilgang på SimVision og bistått med omfattende veiledning til modellering av byggeprosjektet i programvaren.

1.6.2. Vedal AS

Vedal er en av Norges største bygg- og eiendomsbedrifter, og ble etablert i 1986. Bedriftens kompetanse er hovedsakelig rettet mot utvikling, planlegging og gjennomføring av byggeprosjekter (Vedal, u.å.). Vedal var ansvarlig totalentreprenør for Kværnertoppen, prosjektet modellert i SimVision. Bedriften har bistått med detaljerte prosjektdokumenter, og prosjektlederen har forklart gangen i prosjektet gjennom telefonsamtaler og epost.

1.7. Begrepsavklaring

Tabell 2. Begrepsavklaring

Forkortelse	Forklaring	Forkortelse	Forklaring
ARK	Arkitekt	RIG	Rådgivende ingeniør grunn
BIM	Buidling Information modeling	RIM	Rådgivende ingeniør miljø
LARK	Landskapsarkitekt	RIV	Rådgivende ingeniør ventilasjon
Rework	Arbeid som må utføres på nytt på grunn av feil eller endringer	RIVA	Rådgivende ingeniør vann og avløp
RIA	Rådgivende ingeniør akustikk	RIVVS	Rådgivende ingeniør VVS
RIB	Rådgivende ingeniør bygg	TE	Totalentreprenør
RIBr	Rådgivende ingeniør brann	TUE	Totalunderentreprenør
RIByfy	Rådgivende ingeniør	UE	Underentreprenør
	bygningfysikk	VDC	Virtual Design Construction
RIE	Rådgivende ingeniør elektro	VDT	Virtual Design Team

2 Teoretisk grunnlag

I dette kapitlet er det teoretiske grunnlaget for masteroppgaven beskrevet. Først er VDC-metodikken nevnt for å kunne plassere simuleringstøytøyt innenfor byggesektoren. Videre er teorien bak SimVision og programvarens historie fortalt, før teori knyttet til valg av underentrepriser er omtalt.

2.1. Virtual Design Construction (VDC)

VDC-rammeverket benytter virtuelle hjelpemidler, metoder og verktøy for å effektivisere prosjektarbeid og redusere unødvendig arbeid. Gjennom å benytte virtuelle modeller av produkt, organisasjon og prosess (POP), har VDC som mål å simulere kompleksiteten i prosjektet, avdekke potensielle fallgruver for prosjektgruppen, og analysere og løse utfordringene før produksjonen er startet (Garcia *et al.*, 2004).

VDC-modellene er logisk integrerte. Det vil si at modellene har tilgang på felles data og er gjensidig avhengige av hverandre, så hvis en aktør endrer noe i en av modellene vil de andre modellene endre seg deretter. Modellene er flerdisciplinære gjennom at de representerer arkitekt, ingeniør, entreprenør, eier av prosjektet, og relevante underleverandører. Modellene måler og forutser aspekter ved prosjektytelsen, og viser det i sammenheng med forventet og faktisk ytelse (Kunz og Fischer, 2009).

Rammeverket ble opprettet ved *Center of Integrated Facility Engineering (CIFE)* ved Stanford University. VDC er et levende konsept, under kontinuerlig forbedring og tilpasning, både mellom ulike bedrifter, type prosjekt og byggefasen man er i (Kunz og Fischer, 2009).

I figur 1 er det en oversikt over verktøy og metodikk innenfor VDC-rammeverket. Her kan en se forskjellige metoder og verktøy som rammeverket kan bruke for å påvirke POP, uten å påvirke prosjektspesifikasjoner eller kundens krav og ønsker. Prosjektgruppen kan i stor grad velge selv hva de ønsker å vektlegge innenfor de kontrollerbare faktorene, mens de ukontrollerbare faktorene er satt av eier.



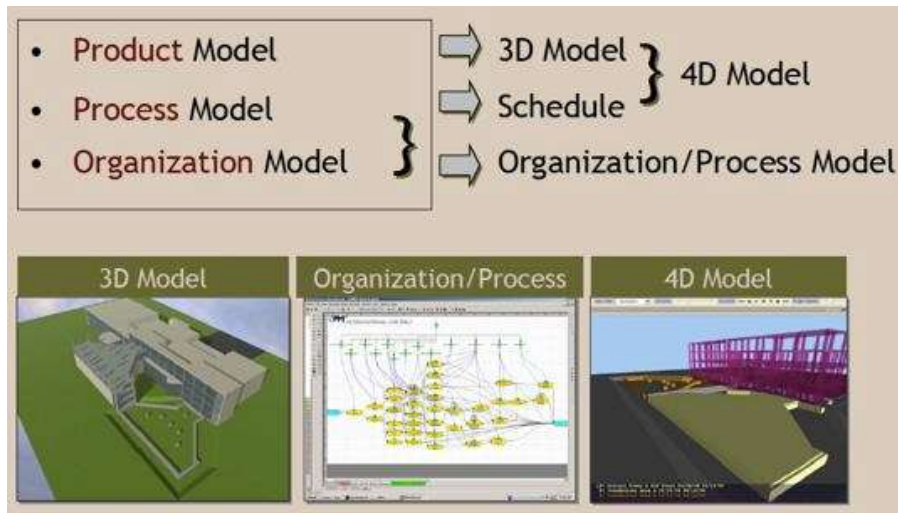
Figur 1. Verktøy og metodikk innenfor VDC-rammeverket.

2.1.1.1. Produkt, Organisasjon og Prosess (POP)

Hvert byggeprosjekt starter med at eieren av prosjektet gir uttrykk for flere behov som prosjektet skal tilfredsstillere. De prosjekterende får i oppdrag å sette sammen de funksjonelle spesifikasjonene til en konseptløsning, som skal ende opp i en *produktmodell*. Produktet kan kun realiseres ved en konstruksjonsprosess, og det trenger planlegging, altså en *prosessmodell*. De forskjellige aktørene må settes sammen i en *organisasjonsmodell* for å kunne utvikle både produkt og prosess. Samtlige av modellene er strekt avhengige av hverandre, og det er essensielt å koordinere utviklingen av dem på en god måte (Garcia *et al.*, 2004).

Based on our collaboration experience with industry partners, we conclude that the POP modeling approach supports better coordination, visualization, and planning than conventional practice. (Kam og Fischer, 2004, s. 56)

POP-modellen er knyttet direkte opp mot VDC-rammeverket og fungerer som prosjektets første detaljdesign, gjennom om å beskrive produkt, organisasjon og prosess ved bruk av modeller, analyser og forklaringer. Oversikt over POP-modellene og tilhørende verktøy er vist i figur 2. VDC-rammeverket sikrer at en ser elementene i POP i sammenheng. Et eksempel på det er når utviklerne definerer produktet, så trigger VDC dem automatisk til å tenke på de tilknyttede aktivitetene, og hvilken bemanning som må til for å utføre dette (Garcia *et al.*, 2004).



Figur 2. Oversikt over POP-modell (Fischer, 2005).

2.2. SimVision – Bakgrunn og historie

2.2.1. Virtual Design Team - VDT

Virtual Design Team (VDT) passer inn i VDC-rammeverket som et organisasjons- og prosessmodelleringsverktøy, som vist i figur 2. VDT er en teori som har som mål å modellere prosjektorganisasjonen gjennom numeriske beregninger, for å kunne analysere et prosjekt på forskjellige vilkår for å lage optimale, visuelle løsninger for komplekse prosjekter og prosesser. Med teknikken kan ledergruppen observere og analysere gjensidige avhengigheter mellom aktiviteter som kan ha koordineringsbehov, og hvordan gruppens koordineringskapasitet er påvirket av organisasjonsstrukturen (Jin og Levitt, 1996).

Teorien ble først presentert av Raymond E. Levitt og Yan Jin i deres artikkel «The Virtual Design Team: A Computational Model of Project Organization» (1996). M. Weber (1924) la grunnlaget for artikkelen allerede på 1920-tallet, hvor han introduserte teorier knyttet til hvordan organisasjoner prosesserer informasjon for å koordinere og kontrollere aktiviteter i prosjekter (Jin og Levitt, 1996).

Webers grunnleggende teoriene er videreutviklet av J. G. March, H. A. Simon og J. R. Galbraith (1958; 1977). Her er organisasjoner sett på som et informasjons- og kommunikasjonsprosesserende system, som er bygd opp for å utføre gitte oppgaver med begrenset kapasitet. Galbraith (1977) går videre ved å si at det ikke eksisterer en uniform,

optimal måte å organisere prosjekter på, men at optimaliseringen er avhengig av prosjektspesifikke karakteristikk og forhold. Dette er kalt «eventualitetsteorien» (engelsk: *contingency theory*).

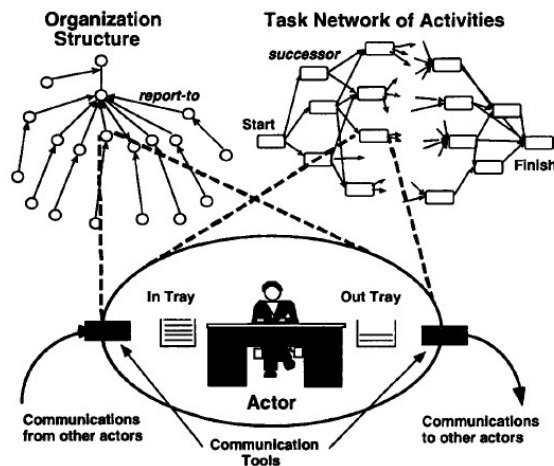
Jin og Levitt (1996) forklarer på bakgrunn av teorien, at for å øke et prosjekts produktivitet, er en helt avhengig av å forstå behovet for koordinasjon og hvilke koordinasjonsmetoder en skal bruke for det gitte prosjektet. Koordinering er essensielt i komplekse, flerdisiplinære byggeprosjekter. Prosjektene består av mange aktiviteter med flere gjensidige avhengigheter, og det er nødvendig å koordinere mellom de utførende og hver aktivitet.

VDT deler inn organisatoriske oppgaver inn i *produksjons-* og *koordineringsarbeid*. Sistnevnte støtter opp om produksjonsarbeidet, som igjen skaper verdi for sluttproduktet. Mengdene som skal produseres bestemmer produksjonsarbeidet, mens mengden koordinering avhenger av flere faktorer, som for eksempel grad av sentralisering, tildeling av oppgaver, struktur, erfaring, kommunikasjonsverktøy og beliggenhet (Jin og Levitt, 1996).

Total arbeidsmengde (TW) blir da summen av mengden produksjons- og koordineringsarbeid. Mengden produksjonsarbeid (PW) blir delt opp i originalt planlagt mengde (PW_o) og mengde arbeid som har måtte blitt gjort på nytt (PW_r) (engelsk: *rework*). Koordineringsarbeidet (CW) er delt opp i tre deler: Mengde kommunikasjon for informasjonsutveksling (CW_{cm}), mengde beslutningstaking (CW_{dm}) og mengde ventetid (CW_{wt}) (Gjerde, 2017; Jin og Levitt, 1996). Dette blir av Levitt (2012) kalt skjult arbeid (engelsk: *hidden work*), og er vist i likning (1).

$$TW = PW_o + PW_r + CW_{cm} + CW_{dm} + CW_{wt} \quad (1)$$

En visuell oversikt over VDT-metodikken er vist i figur 3. Her er det vist en enkel oversikt over hvordan informasjonen prosesseres innad i organisasjonen. En aktør mottar informasjon om en oppgave, prosesserer den og kommuniserer videre til riktig aktør. Måten det blir utført på avhenger av organisasjonsstrukturen og kommunikasjonsverktøy tilgjengelig.



Figur 3. VDT-modell. Koordineringsarbeid for en aktør (Jin og Levitt, 1996).

Byggeprosjekter er komplekse, sammensatte prosjekter med mange gjensidig avhengige oppgaver som utføres av forskjellige aktører. Jin og Levitt (1996) forklarer at for å lage en troverdig VDT-modell, må en bryte ned oppgavene i mindre aktiviteter og tilknytte en ansvarlig aktør. En må samle nok detaljert informasjon om både produksjons- og koordineringsarbeidet for å lage modellen så reell som mulig. Informasjonen en trenger er oppsummert i tre punkter (Jin og Levitt, 1996; Gjerde, 2017):

1. Hva skal utføres (arbeidets innhold).
2. Hvem skal utføre jobben (ressurser) og hvordan er de organisert (organisasjonsstruktur)
3. Ekte prosjektdata; kompleksitet, usikkerheter og gjensidige avhengigheter

Figur 4 viser hvilke data brukeren av VDT-modellen trenger å samle inn, og hvordan dataene blir transformert i modelleringsfasen.

Project Description	Data Processing	Result Information	Input to VDT
Product data Functional Requirement and Solution decomposition	Quality Function Deployment (QFD)	Number of requirements an activity must satisfy & Number of solutions an activity must contribute to	Activity Complexity
Process data Activity precedence relationships and information dependency	Design Structure Matrix (DSM)	Amount of information not available when needed	Activity Uncertainty
Organization data Data of team members and organization chart (e.g., their capabilities)	Assign team actors to activities	Mapping between actors and activities	Actor Responsibility and Interdependency

Figur 4. Prosessen av å transformere data fra et ekte prosjekt til inndata i VDT (Jin og Levitt, 1996).

2.2.2. Programvaren SimVision

SimVision er den kommersielle programvaren utviklet fra VDT-teorien (de Orue *et al.*, 2009). Programvaren er produktet av mer enn 30 års forskning ved Stanford University. Bedriften ePM har gjennom de siste ti årene implementert programvaren i flere industrielle bedrifter, og mer enn tjue universiteter bruker SimVision til forskning og undervisning. «*SimVision simulation models provide more specific and practical information than benchmarks and best practices*» (ePM, 2014).

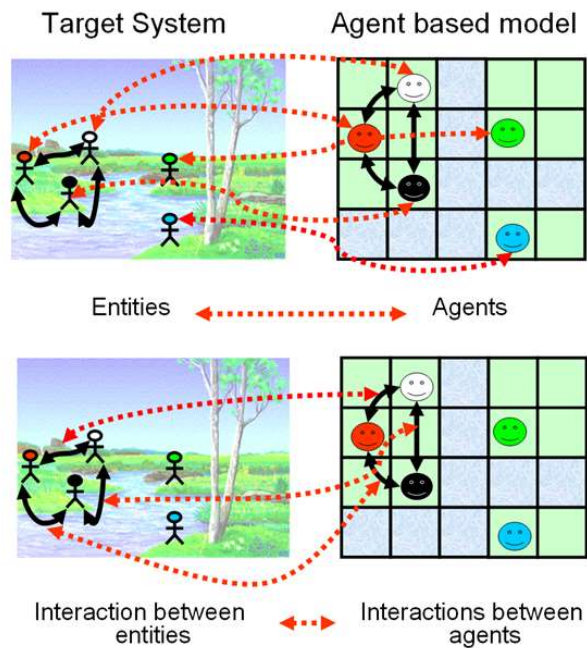
2.2.2.1. Oppbygning

Modelleringsfasen i programmet er basert på *Critical Path Method (CPM)*, med opprettingen av aktiviteter og avhengigheter mellom dem. Nyttien av CPM øker med kompleksiteten til prosjekter, noe som gjør det til et særdeles godt verktøy for sammensatte byggeprosjekter (Mubarak, 2015, s. 10).

SimVision bruker *agent-basert-modellering (ABM)* som gjenspeiler akseptert teori rundt organisatorisk oppførsel på et mikronivå (Ibrahim og Nissen, 2004).

ABM is a bottom-up modeling method. It is used to model the complex systems containing spontaneous and interactive agents, which makes it a powerful tool for analyzing global behaviors of complex systems... ABM is related to a lot of sciences, including complexity science, systems science, computer science, etc. (Zhang, 2012, s. 300-301)

Figur 5 viser en forenklet forklaring på hvordan agent-basert-modellering tar hensyn til miljøet, aktørene som er involverte og interaksjon mellom dem. I SimVision er interaksjon mellom aktørene simulert som en funksjon av aktørenes egenskaper, kommunikasjon og tildelte oppmerksomhetsområder (Louie, 2002).



Figur 5. Agent-basert-modellering (Edmonds, 2000).

Programvaren inneholder en «Oppførselsfil» (engelsk: *Behavior File*) som inneholder vitenskapen som driver simuleringene. Oppførselsfilen inneholder 21 matriser og 11 individuelle variabler som definerer hvert aspekt ved arbeidsprosessering, generering og håndtering av unntak, beslutningstaking og informasjonsprosessering i simuleringene. De overnevnte variablene kobles sammen gjennom flere enn ti algoritmer som lager sannsynligheter for forskjellige utfall. Utfallene blir tilført simuleringen, kalkulert igjen, og så tilført på nytt over flere hundre ganger i ett simuleringsløp (ePM, 2004).

SimVision trenger inndata knyttet til aktiviteter, posisjoner og kommunikasjon, samt å definere forskjellige innstillinger. I programvaren kan innstillingene settes til lav, medium eller høy. ePM (2004) argumenterer for at en slik grov inndeling gir passende mengde informasjon for å simulere menneskelig oppførsel på en gyldig måte.

2.2.2.2. *SimVisions egnethet*

Olivier Kooy har i sin mastergrad, *Understanding the causal relations in organizational structures of project teams: How simulations can contribute to better work processes* (2012), definert syv krav som et simuleringsverktøy bør etterkomme. I tabell 3 står hans begrunnelse for hvorfor kravene er møtt i SimVision. Tabellen er delvis redigert og fritt oversatt.

Tabell 3. Sammenligning av Simvision og krav til et simuleringsverktøy (Kooy, 2012)

Krav	Hvordan SimVision etterkommer kravene
Modellerer de fire dimensjonene for arbeidsprosesser: Detaljnivå, presentasjon av data (formalisering), hvilke prosesser som kan presenteres (generalisering) og kvalitet (Theißen, Hai og Marquardt, 2011)	<p>Detaljnivå: Kan gå i dybden på et individuelt nivå, samt for hele organisasjonen som en enhet.</p> <p>Generalisering: Modeller kan bli brukt i alle sektorer, uavhengig av type produkt og prosess</p> <p>Formalisering: SimVision gir tilbakemelding til modellerer gjennom både grafisk- og rådata.</p> <p>Kvalitet: Ved bruk av validering og test-teknikker kan kvaliteten til modellen bestemmes og forbedres hvis nødvendig.</p>
Produserer akseptable resultater	Både modellen og resultatene er presentert visuelt, så sluttbrukeren kan forutsi og tolke resultatene uten hjelp fra modellereren.
Gir kunnskap	Gir data om hvordan oppgaver, posisjon og prosjekt fungerer som helhet. Tillater detaljerte analyser for å undersøke forbedringer.
Modellerer forskjellige organisasjonsstrukturer	Programmet tillater modellereren å bygge opp organisasjonsstrukturen uten begrensninger, uavhengig om det er én enkel organisasjon med tre individer, eller ti organisasjoner med femti personer hver.
Modellerer arbeidsprosesser for prosjektbaserte organisasjoner	Ved å kombinere posisjoner med deres primære oppgaver, gir SimVision en liten visuell sjekk om arbeidsprosessen er modellert riktig.
Konseptuell modell som andre kan bruke	Modeller kan bli brukt for alle sektorer, uavhengig av type produkt eller prosess i prosjektet.
Resultatet er gitt som prosjektprestasjon	Etter endt simulering produserer SimVision prosjektytelse basert på simulert kostnad og tidsbruk, som kan sammenlignes med de planlagte verdiene. I tillegg viser programmet hvordan produktiviteten utvikler seg gjennom simuleringen.

SimVision er brukt som et analyse- og beslutningsverktøy for flere byggeprosjekter verden over. Ibrahim og Nissen (2004) benyttet SimVision i planleggingsfasen av et boligprosjekt i California . Det skulle bygges 43 boliger, og det var et av 73 prosjekter som eieren forvaltet. Undersøkelsen avdekket at prosjektlederen hadde et etterslep på 60 dager siden hun hadde altfor mye arbeid liggende. For det samme prosjektet undersøkte de også hvordan kommunikasjonsflyten i organisasjonen ble påvirket av at aktørene kom og gikk mye under prosessen. Ved bruk av SimVision viste de at det hadde en negativ effekt sammenlignet med om aktørene hadde en kontinuerlig tilstedeværelse (Ibrahim og Nissen, 2007).

I tillegg er SimVision brukt til å analysere renoveringsprosjekter, bygging av sykehus, museum, auditorium, laboratorium, og undersøke hvordan kulturelle forskjeller påvirker prestasjoner i prosjekter. Prosjektene har tatt plass i USA, Nederland, Japan og Chile, med tett samarbeid med ePM eller universitetet i Stanford (Kam og Fischer, 2004; Kooy, 2012; de Orue *et al.*, 2009; Concha, Alarcón og Mourgues, 2015; Horii, Jin og Levitt, 2005). På ePM sine hjemmesider kan en lese at SimVision også er brukt til flere offshore- og anleggsprosjekter (ePM, 2014).

I Norge er det kun ett kjent tilfelle hvor SimVision er brukt i byggesektoren. Det var ved *Lindeberg-prosjektet*, ledet av OPAK, og i forbindelse med Helene M. Gjerdes masteroppgave ved NTNU (2017). Her undersøkte hun hvordan en kunne bruke SimVision for å minke usikkerheter knyttet til tidsbruk, og danne et større beslutningsgrunnlag for prosjektplanlegging, med hensikt om å redusere tid. Hun konkluderte med at SimVision er et egnet optimaliseringsverktøy (Gjerde, 2017).

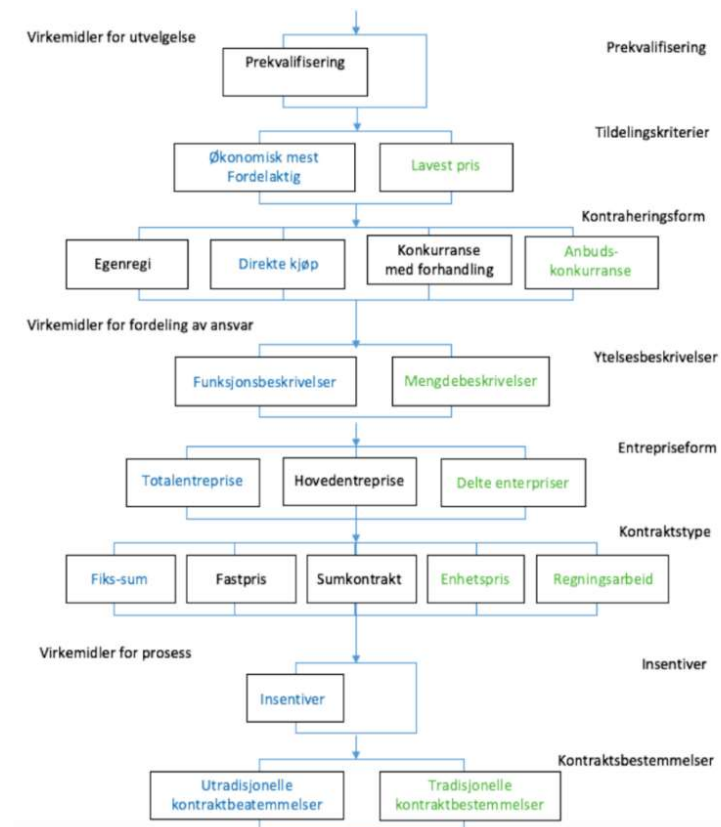
2.3. Kontrahering av underentreprenør

I de neste underkapitlene er det listet argumenter for og imot valg av underentrepriseformene *totalunderentreprise* og *delt underentreprise*. Det er funnet lite litteratur rundt valg av underentrepriseform, så de kommende underkapitlene er hovedsakelig bygget på Ola Lædres *Kontraktstrategi for bygg- og anleggsprosjekter* (2009). Boken har utgangspunkt fra BHs ståsted, men gjennom samtaler med Lædre, professor ved *Institutt for bygg- og miljøteknikk* ved NTNU, er det avklart at de samme virkemidlene også gjelder fra TEs ståsted (9. mars 2020). Først er det skrevet generelt om virkemidler i en *kontraktstrategi*, sett fra TEs ståsted. Under hvilke omstendigheter og for hvilke fag TE tradisjonelt velger totalunderentrepriser er presentert til slutt.

2.3.1. Kontraktstrategi

For å gjennomføre et byggeprosjekt må BH inngå kontrakt med en entreprenør. Utformingen av kontrakten varierer fra prosjekt til prosjekt, men den skal alltid angi partenes ansvar og forpliktelser overfor hverandre i avtaleperioden, samt fordele risiko mellom dem (Avdeling for offentlige anskaffelser, 2014). For å komme frem til kontrakten som er best egnet til et gitt formål, er en avhengig av en *kontraktstrategi* (Lædre, 2009). I 2009 laget Lædre en modell for hva en kontraktstrategi fra BHs ståsted burde inneholde. Tre år senere ble modellen tilpasset til

TEs ståsted, med fokus på kontrahering av UE-er (Watson, 2016), og er vist i figur 6. En kan i korte trekk forklare at de blå boksene (*integrasjonsbaserte virkemidler*) tilsvarer kontrahering av andre for å gjøre jobben og ta på seg ansvaret, og gjennom de grønne boksene (*separasjonsbaserte virkemidler*) beholder en ansvaret og risikoen selv (Lædre, 2017).



Figur 6. Kontraktstrategi. Totalentreprenør mot underentreprenør (Lædre, 2012).

Enhver part som har behov for å kontrahere arbeidere burde ha en klar kontraktstrategi. Strategien burde inneholde en generell del, med utgangspunkt i kontraktørens organisasjon og omgivelser, og en spesifikk del for hvert enkelt prosjekt (Lædre, 2009). Forhold som påvirker den generelle strategien, er for eksempel hva TE er vant til og hvor mange prosjekter hen tar del i samtidig. Hvis hyppigheten av prosjekter er stor og TE foretrekker å ha ansvaret, burde hen velge separasjonsbaserte virkemidler.

For de prosjektspesifikke kontraktstrategiene er det flere forhold som spiller inn. Eksempelvis hvis TE har mulighet til å påvirke usikkerheten i prosjektet, det ikke er slakk på tid, kostnad, kvalitet eller omfang, varigheten er kort, og arbeidsoppgavene er ukompliserte, anbefaler Lædre

(2009) integrasjonsbaserte virkemidler. Masteroppgaven fokuserer på valg av underentreprisform, så videre er kun dette virkemiddelet undersøkt grundigere.

2.3.2. Underentreprisformer

En sentral del av kontraktstrategien er valg av entreprisform. «*Entreprisformen bestemmer hvem som inngår kontrakt med hvem, hvordan prosjektet blir organisert og hvordan ansvar fordeles*» (Lædre, 2009, s. 72) Som vist i figur 6, kan en dele inn kontraktsforholdet mellom entreprenør og UE i totalentrepriser, videre kalt totalunderentrepriser, hovedentrepriser, kalt hovedunderentreprise, og delte entrepriser, kalt delte underentrepriser. Totalunderentreprise omhandler når en entreprenør tar på seg hele eller vesentlige deler av prosjekteringen og produksjonen av en del av et bygg- eller anleggsprosjekt, som TE har påtatt seg overfor BH (Standard, 2011). Det står i kontrast til delte underentrepriser, hvor TE kontraherer separate prosjekterende og utførende entreprenører (Cappelen, 1994).

Mellom de to entreprisformene finner en hovedunderentrepriser. Her vil én UE ha mer ansvar innenfor fagfeltet enn sideunderentrepriserne. Den vil ikke ha det fulle ansvaret som i en totalunderentreprise, men kontrakten vil være mer omfattende enn for de andre UE-ene (Lædre, 2009). Et eksempel kan være for VVS, hvor en hovedunderentrepriser har ansvaret for våtroms- og rør-installasjoner, mens sprinklersystemet er satt til en annen UE. Siden studien undersøker kontrahering med totalunderentrepriser og delte underentrepriser er kun fordeler og ulemper ved disse to underentreprisformene videre forklart.

2.3.3. Fordeler og ulemper ved delte underentrepriser

Å velge delte underentrepriser kan ha økonomiske fordeler (Lædre, 2009). En av fordelene er at en slipper å betale TUE risikopremie for å ta på seg ekstra ansvar for prosjektering og eventuelle underleverandører. Usikkerheten blir da stående på TE, og en trenger en erfaren og godt sammensatt prosjektgruppe for å håndtere ansvaret. Ved delte underentrepriser vil TE ha større kontroll på investeringstakten, siden hen bestemmer når de forskjellige UE-ene skal kontraheres (Lædre, 2009). Risikopremien TE slipper å betale kan fungere som en buffer for uforutsette kostnader.

Markedssituasjonen varier i byggebransjen, og derfor kan det være en fordel for TE å dele opp størrelsen på oppgaver i en underentreprise, noe hen står friere til ved bruk av delte underentrepriser (Lædre, 2009). Større konkurranse blant UE-ene kan komme TE til gode gjennom lavere priser. På store, kompliserte prosjekter er det ikke alle UE-er som har mulighet til å ta på seg ansvaret ved å prosjektere og utføre byggingen, noe som gir mindre konkurranse.

I delte underentrepriser vil det være direkte kommunikasjon mellom TE, de prosjekterende og de forskjellige UE-ene. Endringer og presiseringer fra TE går direkte til de prosjekterende, og en unngår å måtte gå gjennom TUE, som et ekstra ledd. Den direkte kommunikasjonen øker styringsmulighetene for TE, spesielt siden hen er ansvarlig for all prosjektering. Endringer som påvirker andre fag kan være enklere å håndtere gjennom felles prosjektering, og gir større fleksibilitet lenger ut i prosjektet. Det gir TE bedre kontroll på fremdrift og ressursbruk siden hen har et større koordineringsansvar, men det krever mer oppfølging av TE (Lædre, 2009)

Ulempen ved å kun bruke delte underentrepriser er at TE sitter på enorm mengde risiko (Lædre, 2009). Cappelen (1994, s. 100) uttrykker bekymring for at det fort kan oppstå hull mellom de mange kontraktene i delte underentrepriser. For store prosjekter, hvor det er mange aktører involvert, vil det utvikle seg svært mange grensesnitt en må håndtere. En prosjektgruppe som skal klare dette trenger mye erfaring og kompetanse fra svært mange fag, og kan som et resultat bli veldig stor. Samtidig er kompetansen noe prosjektgruppen kan øke over tid, gjennom å utføre flere prosjekter på en slik måte (Lædre, 2009).

2.3.4. Fordeler og ulemper ved totalunderentreprise

En av hovedgrunnene for TE til å kontrahere TUE er å fordele eget ansvar og risiko for å redusere usikkerhet. Ulempen er at TE må betale risikopremie til TUE for at hen skal ta på seg ansvaret, men TE vil da ha bedre oversikt over utgifter (Lædre, 2009). Ved valg av totalunderentrepriser er det lurt å involvere TUE tidlig (Lædre, 2009). For det første vil TE få satt tydelige rammer tidlig i prosjektløpet, samtidig som en får utnyttet TUEs kompetanse i større grad. TUE som spesialiserer seg innen ett fag har ofte større kompetanse og forståelse rundt oppgavene innenfor faget, enn prosjektgruppen til TE. På en annen side, kan det være noen i organisasjonen som sitter på riktig kunnskap og erfaring til å håndtere ansvaret. TE kunne

spart risikopremien ved å utnytte all kompetanse i prosjektgruppen. Uavhengig av dette, vil valg av totalunderentreprise minke kravet til kapasitet i prosjektgruppen til TE (Lædre, 2009).

I en totalunderentreprise er TUE ansvarlig for prosjekteringen av sine respektive oppgaver, og TE vil spare midler knyttet til detaljprosjekteringen, selv om TUEs beslutninger må koordineres med dem (Lædre, 2009). TUE kan prosjektere selv eller hente inn en tredjepart som prosjekterer. TUE står fritt til å velge den prosjekterende hen vil, noe som kan ha både positive og negative virkninger for TE. På den ene siden kan TUE ha mye erfaring med akkurat denne prosjekterende, og dermed jobbe på en tryggere og mer effektiv måte. På den andre siden kan det være at TUE har ønsket å presse prisene mest mulig ned, og har endt opp med en prosjekterende/leverandør som har vanskelig for å samarbeide med både TUE og TE. Her er det viktig med tillitt mellom partene (Cappelen, 1994, s. 103). Forsinkelser og konflikter i prosjektet gagnar ingen av aktørene, og TE burde sikre seg en klausul i kontrakten med TUE som gir dem rett til å bryte kontrakter med useriøse aktører (Lædre, 2009).

TUE har ansvar for prosjekteringen, noe som i større grad dekker opp for hull og avdekker grensesnitt i prosjekteringsarbeidet bedre siden det er en tettere kobling mellom prosjekterende og utførende (Lædre, 2009). Utfordringen er å få de forskjellige TUE-ene til å kommunisere sammen på tvers av sine oppgaver. Her er det viktig at TE er aktiv, både gjennom å definere grensesnitt i oppgavebeskrivelsene, og å følge opp arbeidet underveis (Lædre, 2009). Det er viktig å holde enkle og direkte kommunikasjonslinjer mellom prosjekteringsledelsen og TUEs rådgiver, selv om de prosjekterende i utgangspunktet skal kommunisere gjennom TUE (Østby-Deglum, Svalestuen og Drevland, 2013).

En ulempe ved underentrepriseformen kan være at mye av erfaringene TUE tilegner seg blir beholdt innad i deres organisasjon, og ikke delt med TE og andre UE-er. Ved tidlig involvering av TUE-ene vil det være større kontinuitet i prosjektgruppen, noe som gjør aktørene bedre kjente med hverandre, og kan gjøre erfaringsoverføringen enklere (Lædre, 2009).

Som nevnt i kapittel 2.3.3. er det ikke alle UE-er som har muligheten til å ta på seg rollen som TUE. Det gjør markedet for TUE-er mindre, noe som kan presse opp prisen. For TUE-ene er det kostbart og utfordrende med tilbudsregning på forskjellige prosjekter, som igjen kan høyne prisen (Lædre, 2009).

2.3.5. Hvilken underentrepriseform velger norske totalentreprenører tradisjonelt?

I de fleste norske byggeprosjekter står en prosjekteringsleder ansvarlig for organisering og gjennomføring av prosjekteringen i totalentrepriser (Østby-Deglum, Svalestuen og Drevland, 2013). Det innebærer ofte tiltransport av BHs arkitekt, mens rådgivere velges basert på tidligere erfaringer og pris. Oppdelt prosjektering er vanlig, men for de tekniske fagene: Rør, ventilasjon og elektro, er totalunderentrepriser vanligst (Østby-Deglum, Svalestuen og Drevland, 2013).

I masteroppgaven til S. Haugen (2011) er det gjennom fem intervjuer av personer med ulik bakgrunn og erfaring i byggebransjen bekreftet at de tekniske fagene oftest er totalunderentrepriser. Samlet ansvar for valg av løsninger og utførelse er sett på som en viktig faktor for de tekniske fagene, av samtlige intervjuobjekter (Haugen, 2011). En *solidaravtale* tegnes ofte mellom de tekniske TUE-ene, hvor de forplikter seg til å samarbeide og ivareta grensesnitt. Noen TE-er har en teknisk koordinator i prosjektorganisasjonen for å bistå prosjekteringslederen med å følge opp de tekniske prosjekterende. Ifølge intervjuobjektene brukes også totalunderentrepriser for prefabrikkerte elementer og stålarbeider (Haugen, 2011).

Gjennom intervju av en representant fra Veidekke, kom det i 2014 frem at det var lite fokus på egenproduksjon for de tekniske fagene i bedriften (Frøystad). Erfaring viste at bedriften ikke har kapasitet til å styre hele den tekniske prosjekteringen, og fra prosjekter med egne tekniske rådgivere og separate tekniske UE-er er det erfart at oppdelingen av ansvar og myndighet har fungert dårlig. Representanten mente at det var mer ryddig å ha teknisk rådgiver og entreprenør som én aktør å kommunisere med (Frøystad, 2014). Ved å intervjuer åtte forskjellige UE-er, hvor fem av dem var tilknyttet tekniske fag, konkluderte Watson (2016) med at totalunderentrepriser er den vanligste underentrepriseformen. Masteroppgaven er vinklet fra UE-enes ståsted, og konkluderer med at delte underentrepriser er mest gunstig (Watson, 2016).

En koreansk studie fra 2008 forteller at TE-er og BH-er i den vestlige verden, benytter mer strategiske og langsiktige partnerskapsfilosofier i forbindelse med innkjøp av underentrepriser. Filosofien er basert på at alle aktørene skal nå ett felles mål (Eom, Yun og Paek, 2008), noe som ifølge *Entreprenørforeningen – Bygg og Anlegg* (2013) er et av grunnprinsippene i en samspillsentreprise.

3 Metode

I metodekapittelet er valg av forskningsmetoder for å innhente informasjon og kunnskap til oppgaven beskrevet. Først er teori knyttet til forskningsstrategi presentert, før en kan se en oversikt over hvilke metoder som er brukt med tilhørende begrunnelser. Videre er hver enkelt metode som er brukt beskrevet og fortløpende evaluert, mens en totalvurdering er gjort i kapittel 8. Modelleringen av Kværnertoppen i SimVision er beskrevet i kapittel 6.

3.1. Forskningsstrategi

Vitenskapelige metoder er systematiske prosesser for å tilegne seg informasjon om et gitt tema (Olsson, 2011). Målet med metoden er å forklare hvordan arbeidet for å besvare forskningsspørsmålene er utført. En vanlig forskningsstrategi innebærer å studere problemstillingen i relevant litteratur, før man bestemmer metodeorientering for innsamling og analysing av data. Resultatene diskuteres og vurderes før en til slutt utarbeider en konklusjon basert på problemstillingen. Dette er av Yin (2014) kalt lineær analytisk struktur.

Hvilken tilnærming man velger avhenger av problemstilling og hvordan man ønsker å samle inn data. De forskjellige metodene varierer i krav til tid, ressurser og erfaring, så for hvert enkelt forskningsprosjekt burde en finne hvilke metoder som er mest hensiktsmessige for det eksakte prosjektet (Dalland, 2000).

3.1.1. Kvalitativ og kvantitativ metode

Metoden for en studie kan bli valgt mellom *kvantitativ* og *kvalitativ* (Busch, 2013). Ved en kvalitativ studie henter en ut mye informasjon fra få objekter. Dette dreier seg først og fremst om muntlig og litterær informasjon, som intervju og fagtekster. En kvalitativ studie prøver å gi et klarere totalbilde av emnet, og kan være vanskelig å etterprøve siden en samler inn mengder av variert informasjon fra færre objekter (Busch, 2013). Kvantitative metoder baserer seg på det som er målbart, ofte på tall. Metoden tar for seg data fra mange objekter, kan i høy grad etterprøves, og presisjon vektlegges (Olsson, 2011). Selv om det er et klart skille mellom de to metodene, kan en ifølge Olsson (2011) kombinere de to metodene. Kvalitative metoder kan være til god hjelp for å tolke resultatene fra en kvantitativ studie, og kvantitative metoder kan støtte funn fra kvalitative studier.

3.1.2. Induktiv eller deduktiv tilnærming

Tilnærmingen en bruker for å besvare problemstillingen er av Dalland (2000) delt opp i *induktiv* og *deduktiv* tilnærming. Induktiv tilnærming tar utgangspunkt i informasjon samlet inn fra observasjoner i empiriske undersøkelser. I korte trekk, er det kunnskap basert på andres erfaringer, hvor en jakter mønstre eller betydninger blant resultatene. Erfaringene generaliseres til generelle teorier, og en kan på denne måten etablere ny kunnskap rundt temaer der det ikke eksisterer mye forhåndskunnskap (Dalland, 2000).

Deduktiv tilnærming er motstykket til induktiv forskning (Dalland, 2000). Her ønsker en å finne bevis som forsterker eller bryter med allerede eksisterende teori. Tilnærmingen er vanlig å bruke for temaer hvor det eksisterer mye forhåndskunnskap. En kan si at ved en induktiv tilnærming prøver å etablere ny teori, mens med en deduktiv ønsker en å videreutvikle eksisterende teori. Det er ifølge Dalland (2000) vanlig å kombinere de to tilnærmingene, ved først å søke ny teori gjennom induktiv forskning, for så å verifisere teorien med deduktiv forskning. Av Saunders et al. (2012), er dette kalt en *abduktiv* tilnærming.

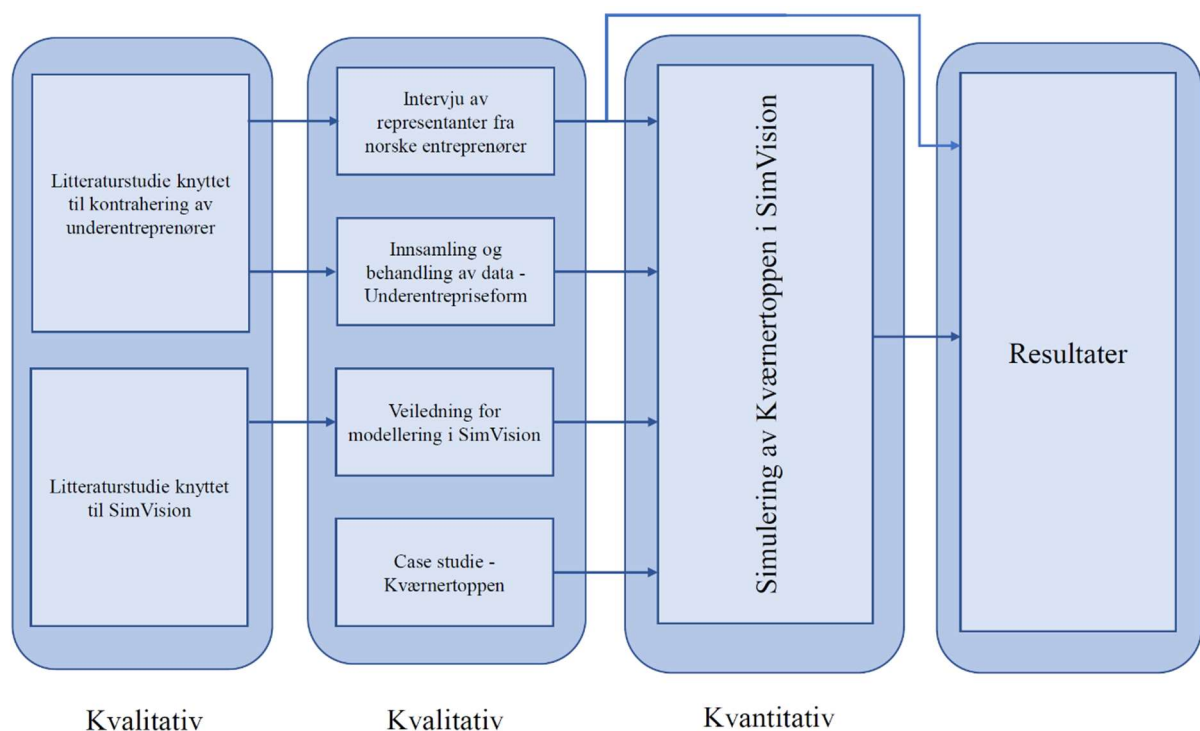
3.1.3. Reliabilitet og validitet

Resultatene og kvaliteten på metoden legger grunnlaget for om en kan ha tillit til studien, og måles etter *reliabilitet* og *validitet* (Dalland, 2000). Reliabilitet er knyttet til påliteligheten til studien, og viser til etterprøvbareheten til resultatene og det som er målt (Søk & Skriv, 2019). I kvalitative studier er det vanskelig å oppnå høy reliabilitet, men det kan kontrolleres ved å sammenligne dataene med annen data (Olsson, 2011). Validiteten, eller gyldigheten til studien forteller hvor relevant informasjonen en har funnet er for problemstillingen (Søk & Skriv, 2019). Høy validitet tilsvarer mye relevant data, og at de rette faktorene er målt.

For at en skal oppnå både validitet og reliabilitet i forskningen må forskningen utføres korrekt og potensielle feilmarginer må være gjort rede for (Dalland, 2000). Å oppnå dette er komplisert, men ved å kombinere forskjellige forskningsmetoder kan potensiell skjevhet eller feil ved en av metodene blir korrigert av de andre metodene, såkalt triangulering (Olsson, 2011).

3.2. Metodeoversikt

For å danne et grunnlag til å modellere i SimVision, er det utført en litteraturstudie, før det ble holdt veiledende samtaler med relevante aktører for å arbeide med programvaren. Dataene som er brukt i modellen er innhentet gjennom en casestudie av Vedals prosjekt Kværnertoppen, hovedsakelig ved gjennomgang av prosjektdokumenter og samtaler med prosjektlederen. Informasjonen knyttet til kontrahering av UE-er er først og fremst funnet gjennom litteraturstudie og semi-strukturerte intervjuer av representanter fra norske entreprenører. En oversikt over forskningsmetodene som er utført, og hvordan de hører sammen, er vist i figur 7.



Figur 7. Metodeoversikt, med henholdsvis kvantitativ og kvalitativ tilnærming

3.2.1. Begrunnelse for valg av metode

I tillegg til å danne et teoretisk rammeverk for studien, skulle litteraturstudiene gi forfatteren større forståelse for tema og problemstilling. Gjennom en kvalitativ litteraturstudie og kvalitative intervjuer, er det ønskelig å generalisere hvordan norske entreprenører velger underentrepriseform, altså en induktiv tilnærming. En kunne valgt en kvantitativ metode, som for eksempel spørreundersøkelser, for å øke muligheten for generalisering, men forfatteren så på muligheten til å følge opp svar som essensiell for å få et klarere bilde av temaet.

Ved å simulere et case-prosjekt, prøver en å avdekke hvilket oppsett av UE-er som er mest produktivt fra TEs ståsted. Resultatene fra den kvantitative simuleringsprosessen, vil enten støtte eller motsi resultatene fra intervjuene, og har en deduktiv tilnærming. En kan dermed si at masteroppgaven har en abduktiv tilnærming.

I masteroppgaven er det brukt en kombinasjon av kvalitative og kvantitative forskningsmetoder. En oversikt over metodene er vist i figur 7, og hvordan de forskjellige metodene er valgt for å besvare forskningsspørsmålene er vist i tabell 4.

Tabell 4. Metodevalg for å besvare forskningsspørsmål

Forskningsspørsmål	Metodevalg	Beskrivelse
FSP.1: Hvilke muligheter og utfordringer dukker opp gjennom å simulere et byggeprosjekt i SimVision?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Litteratursøk <ul style="list-style-type: none"> - SimVision - Virtual Design Team (VDT) - Virtual Design Construction (VDC) ▪ Simuleringsprosess <ul style="list-style-type: none"> - Veiledende samtaler - Modellere case i SimVision 	En strukturert litteraturstudie i forbindelse med prosjektoppgaven (Gran, 2019) for å finne relevant litteratur og danne et teoretisk rammeverk rundt simuleringsverktøy. Hovedsakelig knyttet til bruken av SimVision, dets rolle innenfor VDC-metodikken, og tidligere prosjekter programvaren er benyttet i. Videre ønsker en å avdekke muligheter og utfordringer i programvaren gjennom å modellere Kværnertoppen, med tett veiledning av representanter fra ePM.
FSP.2: Hvordan foregår kontraheringsprosessen av underentreprenører for norske totalentreprenører?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Litteratursøk <ul style="list-style-type: none"> - Underentrepriser ▪ Semi-strukturerte intervjuer av norske entreprenører 	Delvis strukturert litteratursøk for å avdekke hvordan norske TE-er tidligere har kontrahert UE-er. Ønske om å generalisere funn fra intervjuer med syv forskjellige representanter fra fem forskjellige norske TUE-er. Skal sammenligne hvem som tar beslutninger i de forskjellige selskapene, og hvordan de velger ut underleverandører.
FSP.3: Hvordan velger norske totalentreprenører mellom å kontrahere totalunderentreprenør og å separere prosjektering og produksjon i delte underentrepriser?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Litteratursøk <ul style="list-style-type: none"> - Underentrepriser ▪ Semi-strukturerte intervjuer av norske entreprenører 	Delvis strukturert litteraturstudie for å avdekke hvilke vurderinger norske entreprenører tradisjonelt har gjort når de kontraherer UE-er, samt finne fordeler og ulemper ved bruk av de ulike underentrepriseformene. Ønske om å sammenligne anbefalingene med vurderinger norske prosjektledere gjør når de velger underentrepriseform i dag.

FSP.4: I hvilken grad kan valg av kontrahering av underentreprenører påvirke produktiviteten til et prosjekt?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Semi-strukturerte intervjuer av norske entreprenører ▪ Casestudie <ul style="list-style-type: none"> - Samtaler med prosjektleder - Dokumentstudie ▪ Simuleringsprosess <ul style="list-style-type: none"> - Veiledende samtaler - Modellere case i SimVision 	Intervju av prosjektledere for å høre hvordan de opplever samarbeid innad i en totalunderentreprise, og mellom forskjellige TUE-er. Spørre hvordan organisasjon og produktivitet påvirkes av valg av underentrepriseform. Sammenligne resultatene fra intervjuene med resultater fra en simuleringsprosess av et reelt byggeprosjekt i SimVision. Ta inn prosjektet-data gjennom tilsendte prosjektdokumenter og samtaler med prosjektleder, slik at en kan lage en mest mulig realistisk grunnmodell. Modellen lages med fortløpende veiledning fra ePM. Ved å gjøre endringer i <i>grunnmodellen (baseline)</i> , skal en kunne se hvordan produktiviteten i prosjektet påvirkes.
---	---	---

3.3. Forskningsmetoder

3.3.1. Litteraturstudie

En rapport skal ifølge Olsson (2011) inneholde en gjennomgang av forskning og teori rundt gjeldende tema. Det er gjennomført to kvalitative litteraturstudier med den hensikt å kartlegge relevant teori, samt gi forfatteren en mer fullstendig forståelse av tema og problemstillinger.

3.3.1.1. Metodebeskrivelse

I forbindelse med tidligere arbeid (Gran, 2019), er det utført en litteraturstudie om simuleringsverktøyet SimVision og hvordan det passer inn i VDC-rammeverket. I arbeidet med masteroppgaven er det utført et mindre strukturert litteratursøk tilknyttet valg av underentrepriseform fra en TE sitt ståsted.

Studiene analyserer en kombinasjon av litteratur hentet fra strukturerte søk med relevante søkeord gjennom kjente forskningsdatabaser, og tilsendt litteratur fra relevante aktører. Referansene til flere av kildene er også gjennomgått, såkalt *snowballing* (Olsson, 2011). I tillegg til å gi en grundigere forståelse, vil en litteraturstudie kunne: Sette den nye forskningen i kontekst og i historisk sammenheng med eksisterende litteratur, identifiserer nye måter å tolke eksisterende forskning på, avsløre kunnskapsgap i litteraturen, og kontrollere at man unngår å kopiere studier som allerede er utført (Olsson, 2011).

Litteratursøkene har i hovedsak blitt gjennomført gjennom kjente søkeportaler som er anbefalte av NTNU Universitetsbibliotek (2015). Fortrinnsvis *Oria*, *Google Scholar* og *Scopus*. Litteraturen er hovedsakelig hentet fra Oria, siden databasen var enkel å bruke, og gav inntrykk av å gi relevante og kvalitetssikre treff. Funnene er avgrenset til litteratur på norsk og engelsk.

Når en søker i en database burde man ifølge Olsson (2011) søke etter litteratur som dekker det store bilde knyttet til problemstillingen, før en konsentrerer søket. Søkeordene som er brukt for å gjennomføre søket, hvilke databaser som er brukt og antall treff i det første litteratursøket (Gran, 2019) er gitt i tabell 5. I arbeidet med masteroppgaven er litteratursøket supplert med søkeordet «Virtual design team», siden forfatteren mente at det teoretiske grunnlaget ikke var komplett.

Tabell 5. Søkematrise SimVision

Database	Søkeord	Treff
Oria/ Google Scholar/ Scopus	SimVision	121/ 673/ 14
Oria/ Google Scholar/ Scopus	SimVision OG construction	39/ 312/ 1
Oria/ Google Scholar/ Scopus	SimVision OG construction OG Norway	2/ 47/ 0
Oria	SimVision OG VDC	2
Oria	Prosjektledelse OG VDC	6
Oria	Prosjektgruppen OG VDC	1

Søket rettet mot valg av underentrepriser ønsket å avdekke fordeler og ulemper ved de forskjellige underentreprisformene, og hva som tidligere var vanlig praksis ved kontrahering av UE-er for norske TE-er. Søkene er utført i Oria, og søkeord og antall treff er vist i tabell 6.

Tabell 6. Søkematrise underentreprisform

Database	Søkeord	Treff
Oria	Underentreprise	15
Oria	Totalentreprenør OG underentreprenør	8
Oria	Prosjektering OG totalentreprise	23

Søkene gav få treff, men det sistnevnte søkeordet gav flere treff blant masteroppgaver fra NTNU. Kilder er funnet gjennom snowballing med utgangspunkt i masteroppgavene. Søkene gav noen treff på svensk litteratur, men funnene er sett bort fra siden studien dreier seg om norske entreprenører. Søkeordene ble oversatt til engelsk uten å frembringe flere relevante treff.

Gjennom mailkorrespondanse med relevante aktører har det blitt tilsendt dokumenter for å belyse problemstillingene. Utvikler av SimVision, ePM, har gitt ut publikasjoner på sine nettsider som også har blitt sett på som relevante for temaet. Under arbeidet med valg av underentreprisform, er det anbefalt litteratur direkte fra forelesere ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU. Det er også hentet dokumenter fra undervisningsopplegget i fagene *TBA4135 Organisasjon og økonomi i BA-prosjekt* og *TBA4127 Prosjekteringsledelse*.

For å vurdere kildene, er det sett etter *IMRAD-struktur* og fulgt *TONE-prinsippet*. IMRAD-strukturen forteller om sakteksten er bygd opp med *Introduction, Method, Results And Discussion*. Oppbyggingen kjennetegner vitenskapelige forskningsartikler (NTNU Universitetsbiblioteket, 2015).

TONE-prinsippet er basert på å evaluere kilder etter fire kriterier: *Troverdighet, Objektivitet, Nøyaktighet* og *Egnethet*. Troverdighet er først og fremst evaluert ut ifra påliteligheten til den/de som har skrevet teksten, hvor den er publisert, samt antall siteringer. Antall siteringer kan være positivt med tanke på troverdighet, men kan også være et tegn på at teksten har noen alvorlige feil. Tekster som er fagfellevurderte, er i stor grad sett på som troverdige. Hvis forfatteren ikke diskuterer resultatene fra flere sider, er teksten subjektiv. Da kan det være et ønske om å oppnå et visst resultat, for eksempel ved å bryte med annen kjent forskning. Nøyaktighet tar for seg om forskningsmetoden er godt beskrevet, og om dataene som er brukt er oppdaterte. Egnetheten er svært viktig i evalueringen, og er vurdert gjennom hele prosessen. Hvis ikke kilden er egnet, er den ikke relevant nok til å besvare problemstillingen (NTNU Universitetsbiblioteket, 2015).

3.3.1.2. Evaluering av metode

Å utføre et kildesøk og evaluering slik det er beskrevet over er anbefalt av NTNU (NTNU Universitetsbiblioteket, 2015), og er en vitenskapelig og objektiv metode. Reliabilitet kan være

en svakhet i metoden, siden vurderingen av kildene kan være subjektive. En trenger kompetanse om emnet og forståelse for problemstillingen for å finne de mest relevante søkeordene. Kompetansen er også viktig for å kunne evaluere kildens grad av relevans (Olsson, 2011), og det er en fare for at relevante kilder har blitt sett på som irrelevante.

Å søke spesifikt med søkeordet «SimVision» gav ikke et like godt resultat som ønsket. Mye av litteraturen funnet var relativt gammel, men ved gjennomgang av referanselisten til den nyere litteraturen som ble oppdaget, er det henvist til de samme, litt eldre tekstene. En avgrensning i utgivelsesår av litteraturen kunne gitt flere funn fra nyere tid, men en kunne gått glipp av eldre litteratur som fortsatt er sett på som relevant.

Dokumentene som er tilsendt av relevante aktører med mye kunnskap rundt temaene, er vurdert til å være svært pålitelige. De er for det om kvalitetssikret og validiteten er undersøkt. Dokumentene fra ePM sin hjemmeside viser i all hovedsak positiv omtale av SimVision, og kan være noe subjektive og dermed ha lavere reliabilitet.

Det kunne vært fordelaktig å benytte flere databaser i søkene, for å identifisere mer relevant litteratur. På grunn av begrensning i tidsbruk ble søkene avgrenset. Fordelen med færre databaser, er at en får gått gjennom flere av funnene, men samtidig kan en gå glipp av funn fra andre databaser. Svensk litteratur som ble oppdaget i søkene, er oversett. Avgrensningen til kun norsk og engelsk litteratur kan ha medført at en overså relevant litteratur, samtidig som det var ønskelig å unngå faren for feiltolkning ved å benytte et språk en ikke behersker.

3.3.2. Semi-strukturerte intervjuer

For å tilegne seg informasjon fra andre personer, trenger man en nøye planlagt og velutviklet tilnærming. Kvaliteten på resultatene blir påvirket av det menneskelige aspektet i situasjonen, som er sterkt avhengig av metoden en innhenter informasjonen på (Wilson, 2014). Hensikten med kvalitative forskningsintervjuer er å få frem den intervjuedes erfaringer og hvordan de opplever forskjellige temaer, ikke nødvendigvis hvordan vitenskapen beskriver dem. Kunnskapen kommer frem gjennom interaksjon og samspill mellom intervjueren og intervjuobjektet, og er dermed tosidig (Wilson, 2014).

3.3.2.1. Fremgangsmåte

Det er utført syv kvalitative intervjuer i forbindelse med masteroppgaven. Hvilken intervjuemetode en benytter avhenger av hvilke resultater en ønsker å få ut. Wilson (2014) skiller mellom tre forskjellige intervju typer: *Strukturerte*, *semi-strukturerte* og *ustrukturerte* intervjuer. I strukturerte intervjuer ønsker man å få ut konkrete svar på spesifikke spørsmål, mens de to andre metodene er mer åpne for intervjuobjektene meninger og tanker rundt temaene. Spørsmålene er selve fundamentet i intervjuet, men intervjuemetoden en velger bestemmer i hvor stor grad intervjueren holder seg til spørsmålene (Wilson, 2014).

Det er valgt semi-strukturerte intervjuer i studien. I en slik intervjuemetode følger en et strukturert oppsett med spørsmål, en intervjuguide (Wilson, 2014). Forskjellen mellom slike intervjuer og strukturerte intervjuer, er at en kan stille oppfølgingsspørsmål underveis, og at intervjuobjektet i større grad kan prate fritt. Intervjuformen er dermed mer lik ustrukturerte intervjuer, siden en bevarer det utforskende aspektet ved å la intervjuobjektet snakke friere (Wilson, 2014). Ifølge Wilson (2014) er målet med semi-strukturerte intervjuer å samle systematisk informasjon om noen sentrale temaer, samtidig som intervjueren er åpen for å utforske nye temaer som dukker opp underveis i samtalen. For å oppnå dette, er det viktig med åpne spørsmål med muligheter til diskusjon, og ikke stille ledende spørsmål (Wilson, 2014).

Det ble sendt ut henvendelser til syv forskjellige norske entreprenører, med et ønske om å intervju en eller flere av prosjektlederne deres. Av de syv entreprenørene er det holdt intervjuer med fem av dem. Noen av intervjuobjektene er tilnærmet gjennom bedriftens HR-system, mens andre er kontaktet mer direkte gjennom kontakter i bransjen. For to av bedriftene er det intervjuet to aktører. I Kruse Smith var det for å undersøke regionale forskjeller, mens for NCC var det for å få et større bilde av kontraheringsarbeidet deres, siden det ikke var mulig å intervju en prosjektleder. Intervjuene med NCC er slått sammen til ett i resultatene, siden representantene utfylte hverandre og ingen av dem jobber som prosjektledere. Det var ikke sett som hensiktsmessig å intervju aktørene i samme bedrift samtidig, siden den enkelte kunne bli påvirket av den andres svar (Olsson, 2011). Intervjuene er utført over telefon, og varte fra 30 til 60 minutter. En oversikt over aktørene som er intervjuet er vist i tabell 7.

Tabell 7. Intervjuoversikt

Intervjuobjekt	Dato
Prosjektleder Vedal	18.03.2020
Prosjektleder 1 Kruse Smith	20.03.2020
Prosjektleder 2 Kruse Smith	20.03.2020
Prosjektleder Veidekke	20.03.2020
Innkjøpssjef NCC Bygg	30.03.2020
Leder av Kompetansesenter Tekniske Entrepriser NCC Bygg	01.04.2020
Prosjektleder AF Nybygg	16.04.2020

Under intervjuene ble det stilt overordnede, åpne spørsmål som skulle få intervjuobjektet til å fortelle om hvilken praksis deres bedrift utøver. Spørsmålene i intervjuene var ikke typiske ja/nei-spørsmål, og samtalene er tatt opp for ikke å gå glipp av relevant informasjon eller blande hvilket intervjuobjekt som uttalte hva. Både planlagte og spontane oppfølgingsspørsmål ble stilt for å peile intervjuobjektet inn mot riktig tema, eller følge opp et interessant spor som dukket opp. Ifølge Dalland (2000) viser oppfølgingsspørsmål en større interesse fra intervjueren, noe som kan gi en mer engasjert samtale, og øker kvaliteten på svarene. I kvalitative intervjuer er det viktig at informantens begrepsforståelse er lik intervjuerens, sånn at man unngår misforståelser og tolkningsfeil (Dalland, 2000), noe som ble gjort muntlig tidlig i intervjuene.

Mellom to til fem dager før hver samtale ble det sendt ut en intervjuguide på e-post, vist i vedlegg A. I intervjuguiden var det satt opp en tenkt, kronologisk rekkefølge for temaene i intervjuet, men den ble i liten grad fulgt. Intervjueren valgte å gå tilbake til temaer han følte var ufullstendig besvart mot slutten av intervjuene. Intervjuguiden bestod av en introduksjon av intervjueren, beskrivelse av hovedproblemstillingen i masteroppgaven, og en kort liste over temaene som var ønskelig å diskutere. Samme intervjuguide er brukt for alle intervjuene, siden forfatteren ønsket å sammenligne svarene og avdekke mønstre gjennom en induktiv tilnærming (Dalland, 2000). Intervjuguiden var ikke testet gjennom et testintervju før den ble sendt ut til informantene, men var gjennomgått av veileder.

Intervjuene er tatt opp med bruk av en applikasjon på PC-en. De er ikke direkte transkriberte, men det er skrevet referater fra samtlige opptak. De intervjuede fikk tilsendt referatet fra sitt

intervju, muligheten til å komme med innvendinger, før de godkjente dem. Intervjuobjektene er anonymiserte gjennom ikke å bruke navnene deres.

Responser fra informantene er sammenlignet i et *Excel*-dokument, vedlegg B, hvor svarene på de forskjellige temaene er listet under hverandre. Det er benyttet tre fargekoder for å sammenligne svarene; grønt, oransje og rødt. Svarene markert grønne er sett på som relativt like, og de grønne svarene kan generaliseres. Oransje svar er i stor grad like med de grønne, men inneholder en ny, interessant vinkling. Rødt svar tyder på et avvik fra de grønne svarene. Kategoriseringen av svarene er utgangspunktet for resultatene vist i kapittel 4. Informantene fikk tilsendt resultatene, og kunne kommentere eventuelle feiltolkninger eller uenigheter.

3.3.2.2. Evaluering av metode

Antall intervjuer er begrenset til syv, fra fem forskjellige norske entreprenører, noe som tilsvarer moderat divergens i utvalget (Yin, 2014). Fem av informantene jobber som prosjektledere på byggeplasser, hvor fire holder til i Oslo. Det er svært liten regional spredning, og den er ikke omfattende nok til å generalisere forskjeller mellom Oslo og andre deler av landet. Utvalget av forskjellige entreprenører er også lite, så det er stilt spørsmål ved om en kan generalisere funnene for entreprenører i Norge.

Intervjuobjektene har førstehåndserfaring med valg av underentrepriseform, noe som også er gjeldende for de to intervjuobjektene som ikke jobber som prosjektledere. Alle kan dermed si noe om hvordan valg av underentrepriseform kan påvirke produktiviteten til prosjektet, og øker validiteten til svarene.

Siden intervjueren har lite erfaring med å holde intervjuer, samt begrenset erfaring rundt temaet, kan viktige oppfølgingsspørsmål være oversett. Viktige begreper rundt temaet var ikke direkte forklart i intervjuguiden, men gjennomgått muntlig i intervjuene for å minke feiltolkning. Begrepsavklaringen virket på forfatteren som et positivt virkemiddel til å øke validiteten og sikret flyt i samtalen. Dalland (2000) forklarer at når informantene og intervjueren tilhører samme fagfelt og snakker samme «språk», er muligheten for misforståelser begrenset.

En kritisk gjennomgang av intervjuguiden med veileder økte validiteten til spørsmålene, siden han har mer erfaring med å holde intervjuer enn forfatteren. Intervjuguiden var ikke utviklet i samarbeid med informantene, eller testet før den ble sendt ut til intervjuobjektene, noe som kan ha minnet validiteten og reliabiliteten til samtalen (Olsson, 2011; Busch, 2013). En annen mulig feilkilde i resultatene, er at informantene kan ha kommet med svar som er ønsket istedenfor å svare ærlig, siden hen har følt seg ukomfortabel med å besvare spørsmål om ømfintlige eller sensitive temaer (Dalland, 2000). En informant som er tilknyttet bedriften hen skal omtale kan ønske å fremstille bedriften sin best mulig, og svarene kan være vinklet overdrevent positivt (Dalland, 2000).

Å ta opp intervjuene har vært essensielt for å gjengi og sammenligne svarene. Semi-strukturerte intervjuer passer godt til opptak, siden samtalen kan spore litt av, og intervjueren kan miste fokus på å lede samtalen riktig vei hvis hen tar notater underveis (Wilson, 2014). Noen av poengene i et semi-strukturert intervju kan gå tapt ved å ikke ta opp samtalen. I tillegg kan en ved opptak vise til resultatene sine på en god måte hvis noen skulle betvile dem (Wilson, 2014).

Informantene fikk mulighet til å kommentere forfatterens tolkninger ved to anledninger. Først etter referater fra intervjuene var ferdigskrevet, og da det ferdige resultatet var produsert. Tilbakemeldingene fra intervjuobjektene er i stor grad tatt i betraktning. Oppsettet i Excel-dokumentet er ifølge forfatteren noe rotete og uoversiktlig. Noe informasjon passer inn under flere av temaene, men er kun ført inn én gang, noe som kan ha medført at relevante svar er oversett under noen av spørsmålene.

3.3.3. Casestudie

I en casestudie studerer man ett eller flere fenomener i sin virkelige sammenheng, ved å bruke flere ulike metoder. Hensikten er å oppnå en forståelse av et fenomen gjennom å undersøke kontekstuelle forhold (Yin, 2014), og er passende for å undersøke et sammensatt og komplekst byggeprosjekt. Yin (2014) beskriver tre formål med casestudier, henholdsvis *deskriptive* (beskrivende), *kausale* (forklarende) og *eksplorative* (utforskende). Hovedformålet med casestudien i masteroppgaven er å beskrive et byggeprosjekt slik at en kan modellere det i SimVision og utforske hvordan valg av entrepriseform påvirker produktiviteten i byggeprosjekter. Casestudien er dermed deskriptiv, men med et eksplorativt formål.

Metoden casestudier skiller, ifølge George og Bennett (2005), mellom enkeltcase og sammenlignende caser. Gjennom å velge sammenlignende caser er man i større grad opptatt av å beskrive og forklare sammenhenger mellom dem, altså en deskriptiv eller kausal tilnærming, mens enkeltcaser ofte ønsker å forklare eller utforske et fenomen (George og Bennett, 2005). Ved å se på flere caser og sammenligne dem, kan en i større grad generalisere resultatene til flere lignende fenomener (George og Bennett, 2005), men Yin (2014) påpeker at antall caser som må sammenlignes for å kunne generalisere er svært høyt.

3.3.3.1. Fremgangsmåte

For å kunne simulere et reelt byggeprosjekt i SimVision er det utført en casestudie for Vedals prosjekt, Kværnertoppen. På grunn av begrensninger i tidsbruk, er det kun valgt ett case-prosjekt til simulering. Innhenting av data er gjort på to måter: En dokumentstudie, og en kombinasjon av ustrukturerte samtaler og e-postkorrespondanse med prosjektlederen. Dokumentstudien har hovedsakelig bestått av informasjon fra Vedals hjemmeside, artikler om prosjektet og dokumenter tilsendt fra prosjektlederen på Kværnertoppen.

Fra tidligere arbeid (Gran, 2019) kom det frem at det var ønskelig å modellere et byggeprosjekt med lav til moderat kompleksjonsgrad. Hvordan modelleringen og simuleringen foregikk var ukjent for forfatteren på det tidspunktet, så å finne et prosjekt med få innovative løsninger var sentralt. For å finne et slikt prosjekt ble et par norske entreprenører kontaktet, og gjennom kontakter i Vedal, endte en opp med Kværnertoppen, som stod ferdigstilt i desember 2019. Utdypende informasjon om prosjektet er beskrevet i kapittel 5.

Motivasjonen for å utføre en dokumentstudie er knyttet til at en fortere kan få tilgang på dokumenter med høy validitet gjennom å oppsøke relevante aktører og nettsider. Siden dokumentstudien dreier seg om utvelgelse av data og ikke dataauthenting, tar den kortere tid enn for eksempel et litteratursøk (Tjora, 2017).

Modelleringen skulle ta utgangspunkt i planene til prosjektet og ikke hvordan prosjektet faktisk utviklet seg. Mange av planene var reviderte flere ganger i løpet av prosjektet, men det er tatt utgangspunkt i planene lagt før produksjonsstart. Dokumentene som er tilsendt av

prosjektlederen for Kværnertoppen er: Prosjekteringsplan, hovedfremdriftsplan, budsjett, prosjektplan og referater fra samtlige prosjekteringsmøter.

Den første av fire telefonsamtaler med prosjektlederen for Kværnertoppen fant sted i januar 2020. Samtalene dreide seg om å danne en forståelse for hvordan prosjektorganisasjonen var bygget opp, hvem som hadde ansvar for hvilke oppgaver, samt gangen i prosjektet. Den tidligere tilsendte dataene ble diskutert, og usikkerheter og spørsmål fra forfatteren besvart. Ved noen anledninger var svar på e-post tilstrekkelig.

3.3.3.2. Evaluering av metode

Dokumentene som er undersøkt, kommer fra kilden som var ansvarlig for utførelsen av prosjektet, noe som øker reliabiliteten til dataene. Det var en fordel at hvilke dokumenter som var nødvendige var gjennomgått i samtaler med representantene fra ePM, før kontakten med prosjektlederen var satt i gang. Utviklerne hadde en mye grundigere forståelse av hvilke dokumenter en trengte, noe som øker sjansen for at riktig data ble forespurt, og øker validiteten. Reliabiliteten til studien avhenger ifølge Yin (2014) av at de riktige dokumentene er studert på riktig måte. Forfatteren fikk tilgang på alle dokumentene han ba om.

Mesteparten av dataene innhentet til casestudien, er kommet gjennom én person, prosjektlederen. Ved å diskutere prosjekter med flere av personene involvert i prosjektet, kunne en fått en større forståelse av prosjektets gang. I tillegg er det en fare for at svarene han gav, kan være subjektive, siden han føler seg sterkt knyttet til prosjektet (Dalland, 2000). Forfatteren mener at prosjektlederens forståelse og innsyn i prosjektet var tilstrekkelig. Samtalene mellom forfatteren og prosjektlederen er ikke tatt opp, noe som svekker reliabiliteten (Wilson, 2014).

En av fordelene med de uformelle samtalene mellom forfatteren og prosjektlederen, var at de to aktørene ble bedre kjent, og det virket på forfatteren, som at prosjektlederen hadde enklere for å dele informasjon over tid. De uformelle samtalene var essensielle for forfatterens forståelse av prosjektdokumentene og selve prosjektet. Der dokumentstudien la grunnlaget for modelleringen, kompletterte samtalene med prosjektlederen eventuelle hull.

3.3.4. Bakgrunn for simulering i SimVision

I Kooys masteroppgave (2012), er det forklart at SimVision er et passende verktøy for å undersøke og evaluere planer i byggeprosjekter. Gjennom tidligere arbeid (Gran, 2019) er det sett etter andre simuleringsverktøy som analyserer prosjektarbeid og organisasjon på lignende måte som SimVision, og det er ikke funnet andre verktøy som er operative og fungerer på tilsvarende vis. Derfor er SimVision valgt som modelleringsverktøy. Ifølge brukermanualen til SimVision (ePM, 2005), bruker man programvaren for enten å lage planer eller teste eksisterende planer. Siden prosjektet allerede var fullført, er studien basert på det sistnevnte.

3.3.4.1. Fremgangsmåte

Under tidligere arbeid foreslo en av veilederne å bruke SimVision til å simulere et byggeprosjekt (Gran, 2019). Forfatteren hadde aldri hørt om programvaren før, men gjennom ustrukturerte samtaler med representanter fra ePM ble det bestemt å jobbe videre med å finne et byggeprosjekt en kunne modellere i SimVision.

Begynnelsen på simuleringsarbeidet gikk ut på å bli kjent med programvaren gjennom prøving, feiling og studering av brukermanualen. Når innsamlingen av prosjektdataen var i gang, startet forfatteren med veiledningsmøter med representanter fra ePM over *Skype*. Møtene varierte i periodevis mellom ett til fem om dagen, avhengig av antall utfordringer med modellene.

Før arbeidet med modelleringen i SimVision startet, ble det laget en fremdriftsplan i *Microsoft Project*, vist i vedlegg H, ut fra prosjektets prosjekterings- og hovedfremdriftsplan. Her kunne en kontrollere avhengigheter mellom aktivitetene, og kontrollere at varigheten ikke overskred planene. Forfatteren ble bedt av representantene fra ePM til å lage en modelleringsplan, vist i vedlegg C, med oversikt over de viktigste elementene i prosjektet, vist i tabell 8.

Tabell 8. Elementer i modelleringsplan.

Hovedelement	Underelement
Aktører (posisjoner)	Hierarki Ansvarsområder Antall personer i rollen Lønn/kostnader
Aktiviteter	Planlagt varighet Avhengigheter (forgjenger og etterfølger) Mengden arbeid (timer) Kostnader
Møter	Varighet Frekvens Deltagere Første/Siste møte

Videre, anbefalte ePMs representanter å lage en scenario-plan, en oversikt med de forskjellige scenarioene som skulle springe ut fra grunnmodellen, vist i vedlegg D. I tillegg til å definere utspringene, var det viktig å definere hvilke faktorer og elementer i grunnmodellen som måtte endres for å representere scenarioet på en presis måte. Det dreide seg hovedsakelig om elementene i tabell 8, men også mengden arbeid som er forventet å måtte gjøre på nytt (rework), samt mengden koordinering i prosjektet. Scenarioene er utarbeidet i samarbeid med veileder, men fullført av forfatteren, da veilederen gikk ut i pappa-permisjon i februar. Scenarioene skulle så sammenlignes med grunnmodellen, for å se hvordan forskjellige endringer ville påvirke prosjektet. En grundigere forklaring av selve modelleringen av prosjektet er vist i kapittel 6.

Casestudien av Kværnertoppen dannet grunnlaget for de overnevnte planene. I samråd med prosjektlederen og veiledere, er noe av dataene knyttet til prosjektet redigert og forenklet, for å gjøre modelleringen mindre komplisert. Hovedsakelig er det knyttet til hvilke aktiviteter man kan slå sammen, slik at en får en grovere inndeling med færre oppgaver, men samtidig representere prosjektet på en realistisk måte. Mange av de mindre UE-ene er også slått sammen under en felles posisjon. Et eksempel er aktiviteten «utvendig tømmer og fasader», hvor arbeidet med utvendig tømmer, fasadeelementer, muring, blikkenslagerarbeid og glassfasader er slått sammen. I det faktiske prosjektet er oppgavene utført av flere aktører, men for modellen

er den sammenslåtte oppgaven utført av én posisjon, «UE tømmer». De sammenslåtte aktivitetene og aktørene er vist i vedlegg E.

3.3.4.2. Evaluering av metode

Samarbeidet med representantene fra ePM har vært helt essensielt for å få gjennomført studien innenfor tidsrommet som var satt. Både gjennom forarbeid og avklaring rundt hvilke data det var bruk for, og spesielt gjennom modelleringsstøtte. Representantene har jobbet med SimVision i et par tiår, og kunne løse utfordringer på mer eller mindre strak arm. Samarbeidet med aktørene som kjenner programvaren best, øker sannsynligheten for at grunnmodellen og utspringene er gode representasjoner av virkeligheten.

I samarbeid med veiledere er det gjort omfattende antagelser med utgangspunkt i prosjektdataene fra Kværnertoppen. Forfatteren og veilederne har fra liten til moderat erfaring fra byggeprosjekter, noe som påvirker gyldigheten til antagelsene, og derav påliteligheten til studien. Flere av valgene i grunnmodellen har vært diskutert med prosjektlederen, noe som øker validiteten. Antagelsene spiller en stor rolle for resultatene, og må komme tydelig frem, slik at studien beholder relabiliteten (Olsson, 2011).

Planene som er utarbeidet på ePM sin anbefaling dannet et godt grunnlag for modelleringen. Der kom det opp spørsmål og usikkerheter som enda ikke var besvart gjennom casestudien, og forfatteren fikk mulighet til å undersøke problemene før han startet modelleringen. Det gav en større flyt under modelleringsprosessen, og en slapp større opphold i arbeidet for å avvente svar. Forfatteren stod etter hvert alene i utviklingen av planene, noe som kan ha svekket validiteten i valgene som er gjort, siden han har lite erfaring fra bransjen. Samtidig er det forfatteren som i størst grad har satt seg inn i casestudien, og derfor har han hatt et godt beslutningsgrunnlag.

4 Resultater fra intervjuer

Resultatene fra de kvalitative intervjuene med representanter fra norske TE-er er presentert i de følgende underkapitlene. Svarene er sammenlignet i vedlegg B, og plassert under forskjellige temaer vist i de forskjellige overskriftene.

4.1. Hvordan kontraherer totalentreprenør underentreprenører?

Underkapittelet inneholder informantenes svar angående TE-enes arbeid med å kontrahere UE-er. Først en kort beskrivelse av selve kontraheringsprosessen, før metoden for å nå ut til riktig UE er omtalt. Til slutt, er intervjuobjektene svar angående erfaringsdeling rundt vurderinger av de forskjellige UE-ene forklart.

4.1.1. Kontraheringsprosessen

Det er mange likheter knyttet til hvordan TE-er kontraherer UE-er. I hovedtrekk består prosessen av at TE sender ut et tilbudsgrunnlag til aktuelle aktører, mottar tilbud, sammenligner dem internt, avholder avklaringsmøter med de aktuelle aktørene, før kontrakt underskrives.

Noen av aktørene er tatt inn for å regne på tilbudet til BH. I Veidekke er det vanligst å få med seg de største fagene, mens hvilke aktører Kruse Smith tar med seg avhenger av hvor gode erfaringstall de har på de ulike fagene. Prosjektleder 2 fra Kruse Smith og Vedal påpekte at det er vanlig å arve noen rådgivere fra BH, spesielt arkitekt. Prosjektlederen fra AF Nybygg satte søkelys på betydningen av å ha prosjektlederen med i tilbudsprosess og kalkulering, siden det ville gi en større kontinuitet i hvilke aktører som er med på hele prosessen. Det er ofte vanskelig å få til, siden prosjektlederne ofte er låst til annet arbeid. Fire av de fem bedriftene som er intervjuet, uttalte et ønske om å arbeide videre med aktørene som er tatt inn i tilbudsrunder, men at en supplerer dem med tilbud fra andre aktører. Ved å beholde de samme aktørene kan de bidra med sin kompetanse i en tidligere fase, og føle et større eierskap til arbeidet. For prosjektleder 2 fra Kruse Smith, danner dette et viktig grunnlag for et godt samarbeid.

Når tilbudet fra BH er vunnet, er det prosjektlederen som har siste ord for hvilke aktører som skal få jobben. Prosjektlederen har tilnærmet full frihet hos samtlige TE-er, men må ta hensyn til bedriftenes prekvalifiseringssystemer. Her er det først og fremst prekvalifisering gjennom *StartBANK*, en felles database utviklet av *Achilles* i samarbeid med *Byggenæringens Landsforening*, hvor en kan undersøke om leverandøren er egnet, med tanke på skatte- og

avgiftsinformasjon, forsikringer, standarder for samfunnsansvar, HMS- og kvalitetsstandarder, sikkerhetserklæringer og økonomiske tall (Avdeling for offentlige anskaffelser, 2015). Prosjektlederne fra AF Nybygg, Veidekke og Vedal fortalte at de i tillegg har en intern prekvalifisering av leverandører med egne seriøsitetsskrav.

For TE-ene er det prosjektgruppen som bestemmer hvordan og hvem de skal kontrahere når tilbudet fra BH er vunnet. Unntaket er NCC. På samme måte som de andre, er det prosjektlederen som har det siste ordet, men NCC har en tilbudsgruppe bestående av personer fra tilbudsledelsen sentralt, kalkulasjon, kompetansesenter, strategiske UE-er og prosjektledelsen, som også påvirker kontraheringen etter at tilbudet er vunnet. Begrunnelsen for dette er knyttet til at det er vanskelig for alle aktører å ha kjennskap til bedrifter utad, og at de derfor ønsker å sentralisere denne kunnskapen. Prosjektleder 1 fra Kruse Smith påpekte at det er regionale forskjeller for hvor stor grad prosjektgruppen kan kjenne hele markedet.

4.1.2. Hvordan gå ut i markedet - Bekjente selskaper?

Samtlige informanter uttalte et ønske om å arbeide med selskaper de har kjennskap til fra før. Det trenger ikke nødvendigvis å være førstehåndskunnskap, men at noen andre i bedriften, og aller helst i prosjektgruppen, har jobbet med selskapet tidligere. Alle informantene fortalte at de ringer direkte til aktuelle aktører for å be om et tilbud. Åpne anbud er ikke vanlig. Det hender at UE-er tar direkte kontakt med TE for å bli med på prosjektet.

Prosjektlederen i Veidekke påpekte at de store TE-ene har jobbet med de aller fleste aktørene på markedet, men at det er viktig å tørre og ta nye aktører inn i varmen, hvis tilbudet er godt nok og firmaet er egnet til oppdraget. Prosjektlederen fra AF Nybygg påpekte at det er nøkkelpersoner man har gode relasjoner og erfaringer med som er ønsket videre med i prosessen, ikke nødvendigvis bedriften i seg selv. Det gjør kontraheringsprosessen veldig avhengig av bedriftens og prosjektgruppens nettverk.

NCC har et ønske om å ha to til tre faste samarbeidspartnere for forskjellige fag i de forskjellige byene de operer i. De kontakter disse aktørene først, før andre firmaer vurderes. Faren ved det, kan være at de faste aktørene ikke kan levere markedspris, men over lang tid kan man bygge gode relasjoner og opplære UE-ene til godt samarbeid.

4.1.3. Erfaringsdeling

Erfaringsdeling mellom prosjektlederne skjer først og fremst gjennom samtaler og interne møter, for alle bedriftene. Alle informantene nevnte at de evaluerer UE-ene i løpet av prosjektarbeidet, mens der Veidekke evaluerer til slutt, arrangerer NCC evalueringsmøter halvveis og ved avslutningen av prosjektet. Prosjektleder i AF Nybygg fokuserte på viktigheten av å evaluere fortløpende i prosjektet, slik at man ikke glemmer eventuelle positive og negative hendelser. Evalueringene lagres i vurderingsbanker sentralt, som i varierende grad blir gjennomgått i arbeidet med kontraheringer av UE-er. Også her er det regionale forskjeller, ifølge prosjektleder 1 fra Kruse Smith. Han påpekte at det er få leverandører som arbeider over hele landet, noe som gjør nasjonal erfaringsdeling knyttet til valg av UE-er vanskelig.

4.2. Hvorfor velge totalunderentreprise?

De følgende avsnittene inneholder begrunnelsen for hvorfor informantene velger å benytte totalunderentrepriser. For hvilke fag de velger det, erfaringer de har gjort, hvordan valg av entrepriseformen påvirker prosjektgruppen, og til slutt anbefalinger ved bruken av det.

4.2.1. Begrunnelse

Informantene nevner tre grunner til å velge totalunderentrepriser:

1. Ønsker å redusere negativ risiko, og fordele risikoen til dem som er best egnet til å håndtere den og kan bruke den til positiv risiko.
2. De innleide firmaene kan faget best, og er derfor best egnet til å stå for prosjekteringen.
3. Prosjektledelsen mangler kompetanse og kapasitet til å håndtere organisering av fagene.

Prosjektlederen fra Vedal utdypet at en kan tjene økonomisk på å dele opp prosjektering og produksjon, men at det krever riktig kompetanse i prosjektgruppen. NCC påpekte at det ikke er sikkert prosjektgruppen fullstendig forstår tilbudsgrunnlaget for alle fagene, på grunn av kompetansemangel. Da er det enklere å fordele ansvaret og risikoen til noen som forstår det. Prosjektleder 1 i Kruse Smith fortalte at de har bestemt seg før de går ut i markedet for hvilken underentrepriseform de ønsker for de forskjellige fagene, mens prosjektlederen i AF Nybygg er mer fleksibel til å endre standpunkt etter hvert som de mottar tilbud.

4.2.2. For hvilke fag er totalunderentreprise vanlig?

Alle informantene mener at totalunderentreprise oftest blir valgt for de tekniske fagene; elektro, rør og ventilasjon. Det er også vanlig for prefabrikkerte betongelementer til råbygg. Fire av de fem intervjuede bedriftene har erfaring med totalunderentreprise for fasadearbeidet.

4.2.3. Erfaringer med valg av totalunderentreprise

Prosjektlederen fra Vedal mener at kompetansen og kapasiteten til prosjektgruppen styrer om man har mulighet til å dele opp prosjektering og produksjon. Erfaringene med oppdelte, tekniske entrepriser er dårlige. NCC påpeker at det generelt er mindre kunnskap om de tekniske fagene i byggeplassledelser, og dermed er det enklest å bruke totalunderentrepriser. Prosjektlederen fra Veidekke fortalte at ved å samle de tre tekniske fagene til én kontrakt, vil man fjerne en del grensesnitt, men at det er få leverandører som tilbyr en slik løsning.

Kompetansen til å dele opp arbeidet rundt råbygget er oftere til stede i prosjektgruppen, ifølge prosjektlederen til Vedal, selv om det er vanlig å velge totalunderentreprise. Da kan det danne seg grensesnitt mellom RIB, produksjon og montering av betongelementene. Grensesnittet mellom global RIB og rådgiverne til elementprodusentene var en utfordring også prosjektlederen fra AF Nybygg og prosjektlederne fra Kruse Smith påpekte. En risiko ved bruk av totalunderentrepriser, er ifølge prosjektleder 2 fra Kruse Smith, at TUE kan presse sin prosjekterende til å gjøre så lite som mulig for å spare penger, noe som kan minke kvaliteten.

4.2.4. Påvirkning på organisasjonen/prosjektledelsen

Det er en generell oppfatning blant intervjuobjektene om at større andel av oppdelt prosjektering og produksjon krever større kapasitet i prosjektgruppen. NCC mener at det er gjeldende både i byggeplassledelsen og til å følge opp detaljprosjekteringen. Prosjektleder 2 fra Kruse Smith sa derimot at det er relativt likt om man bruker TUE eller rene utførelsesentrepriser i selve produksjonen, men at det samtidig vil dukke opp flere spørsmål til ledelsen ved økt andel utførelsesentrepriser. Kompetansen i prosjektgruppen er nøkkelen til å håndtere de forskjellige underentrepriseformene, mente samtlige intervjuobjekter.

4.2.5. anbefalinger

Alle informantene anbefaler å velge totalunderentrepriser for de tekniske fagene. Det samme gjelder for råbygget, men prosjektlederen fra AF Nybygg og prosjektleder 1 fra Kruse Smith

påpekte at størrelsen på prosjektet spiller inn. Sistnevnte uttalte at det ikke er noen fasit for hva som er riktig, siden hvert prosjekt er unikt, komplekst og svært sammensatt, og at utfordringene først og fremst ligger i forståelse av kontrakten og forventninger. To av de andre informantene utdypet viktigheten av god kommunikasjon og åpenhet for å danne et godt samarbeid

Prosjektlederen fra Veidekke var bestemt i ønske om at flest mulig av de store fagene skulle ha totalunderentrepriser, men at det ikke er nødvendig for fag med lav kompleksitet, som flislegger, maler og lignende. NCC sa noe tilsvarende, og mener færre kontrakter og færre ledd involvert gir bedre gjennomføring og gode løsninger. Prosjektleder 2 i Kruse Smith uttalte et ønske om å få grunnarbeidet som totalunderentrepriser, men at det er få bedrifter som ønsker å ta det ansvaret. Man kan få store utførelsesjobber på anleggssiden, og det er ofte knyttet store usikkerheter til grunnen, noe som kan være en årsak til at totalunderentrepriser er mindre vanlig.

4.3. Hvordan virker kommunikasjonen med og mellom TUE?

For å få en grundigere forståelse av hvordan valg av totalunderentrepriser påvirker prosjektet, er det stilt spørsmål om hvordan kommunikasjonen mellom prosjektledelsen og TUE fungerer under prosjektering, samt mellom TUE-er som er nødt til å samarbeide.

4.3.1. Organisering

Prosjektlederen fra Veidekke har oftest erfart at TUE har leid inn prosjekterende under seg, selv om det hender at TUE har egne prosjekterende i bedriften. Ved det første tilfellet skal all kommunikasjon formelt foregå gjennom TUE, men i praksis kommuniseres det direkte med de prosjekterende med TUE holdt informert, noe prosjektlederen mener fungerer godt. Prosjektleder 2 fra Kruse Smith forteller at kommunikasjonen løses på samme måte hos dem, men mener at det ofte oppstår en uheldig situasjon når en skal kommunisere med to ledd for hvert fag. Prosjektlederen fortalte at beslutninger har vanskeligere for å bli tatt, samt at det gir større usikkerhet til hvem som skal svare for faget.

Hvis TE oppfatter TUEs rådgiver eller underleverandør til ikke å være egnet for jobben, er det vanligvis kontraktfestet at TE kan, ifølge prosjektleder 1 fra Kruse Smith, tvinge TUE til å bytte ut aktøren.

4.3.2. Deltakelse i prosjekteringsmøter

Det er til dels varierende praksis hvordan de forskjellige TE-ene velger å inkludere TUE-ene og deres rådgivere i prosjekteringsmøtene. Samtlige informanter uttrykte viktigheten av at de prosjekterende skal møtes, og prosjektleder 1 fra Kruse Smith har et viktig prinsipp om at det må være direkte kommunikasjon mellom prosjekteringsleder og rådgivende, uavhengig av hvem som har leid dem inn. Vedals prosjektleder mente det ikke var en forskjell i deltagelsen på møtene uavhengig om aktørene var TUE-er eller UE-er, mens prosjektleder 2 fra Kruse Smith og informanten fra AF Nybygg mente at valg av totalunderentreprise økte antall deltagere i prosjekteringsmøtene. Prosjektlederen fra AF Nybygg mente at en slik løsning fungerer godt, og en får avklart problemer fort, mens informanten fra Kruse Smith mener den økte andelen med aktører fører til at beslutninger har vanskeligere for å bli tatt.

4.3.3. Samarbeid mellom TUE-ene

For de tekniske fagene er det vanlig å lage en solidaritetsavtale mellom TUE-ene. Det kontraktfester aktørenes plikt til å samarbeide, men prosjektlederen fra Vedal påpekte at tett oppfølging fra prosjektgruppen fortsatt er essensielt for å trygge samarbeidet. Prosjektlederne fra Kruse Smith, AF Nybygg og informantene fra NCC uttalte at en omfattende grensesnittsavklaring tidlig ved involveringen av de forskjellige TUE-ene er viktig for å tydeliggjøre hvilke aktører som er ansvarlig for hva.

Det hender, ifølge prosjektlederen fra Vedal, at en person i prosjektgruppen virker som støtte til de tekniske fagene, for å sikre et godt samarbeid. I større grad å inkludere TUE og rådgivere i planleggingen mener NCC og prosjektleder 1 fra Kruse Smith styrker samarbeidet, og sammen med prosjektlederen i AF Nybygg påpekte de at bruken av BIM for å oppdage kollisjoner mellom fagene er et godt verktøy for å unngå konflikter.

5 Casestudie – Kværner toppen

I dette kapitlet er prosjektet Kværner toppen, figur 8, som er valgt til å modellere og simulere i SimVision beskrevet. En kort introduksjon til prosjektet er gitt, før dataene som er hentet ut til modelleringen er presentert. Informasjonen er hovedsakelig basert på prosjektdokumentene tilsendt fra prosjektlederen på Kværner toppen og samtalene mellom han og forfatteren.



Figur 8. Arkitektonisk modell av Kværner toppen (Løvseth + Partner AS, u.å.)

5.1. Om Kværner toppen

Kværner toppen er et boligprosjekt hvor Vedal Entreprenør AS var TE for byggingen av 212 leiligheter fordelt på tre bygg og 25 000 kvm. i Oslo. Planlagt produksjonsstart var i februar 2017, og leilighetene ble overlevert til BH, OBOS Kværnerbyen AS, i desember 2019. Byggeprosjektet var en del av utbyggingen av 1626 boliger som har pågått fra 2005 på den tidligere industritomta i Kværnerdalen (Joelson, 2020).

På grunn av helningen på tomten strekker byggene seg over totalt tretten etasjer, men hver bygningskropp er på maksimalt åtte etasjer. Garasjeanlegget under bakken er delt i 2, og ligger også på forskjellige nivåer. Råbygget var planlagt med hovedsakelig prefabrikkerte betongelementer, hulldekker og skallvegger. Badene var også prefabrikkerte. Konstruksjonen hviler på stålkjernepeler. Hele prosjektet hadde et budsjett på 452 millioner, som ifølge prosjektlederen ble overholdt.

5.2. Prosjektmål

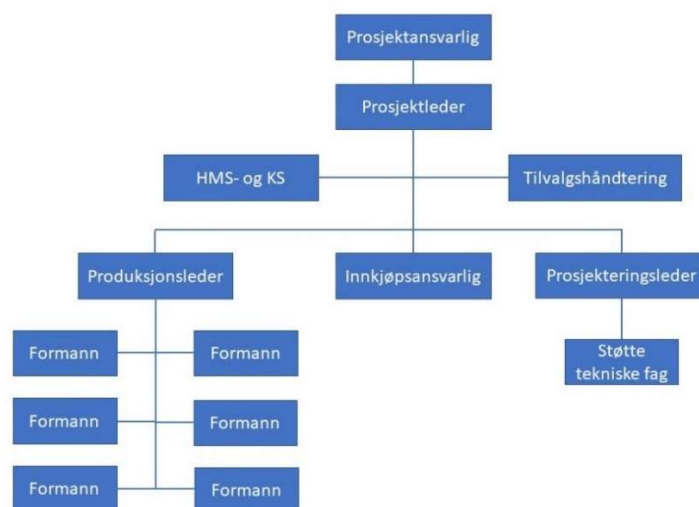
Arkitekten, Løvseth + Partner AS, hadde mål om at prosjektet skulle fremstå som variert med å benytte høydeforskjeller, retningsforandringer og forskjellig koloritt på fasadene. Mellom de tre byggene skulle det være stort, samlende, grønt utendørsområde (Brekkehus, 2016). I tabell 9 er Vedals prosjektmål vist.

Tabell 9. Prosjektmål

Totalentreprenørens prosjektmål
Prosjektet gjennomføres med visse mål for prosessen, og det ferdige produkt.
Arbeidene skal ferdigstilles innenfor avtalte tider og økonomiske rammer.
Ingen feil på kritiske kvaliteter og funksjoner ved overlevering.
Ingen ulykker med fravær utover skadedagen.
Gjennomfører prosjektet uten å gjøre skade på miljøet.
Oppnå en kildesorteringsgrad på minst 75% ved slutt.
Skape og opprettholde gode relasjoner til byggherren.

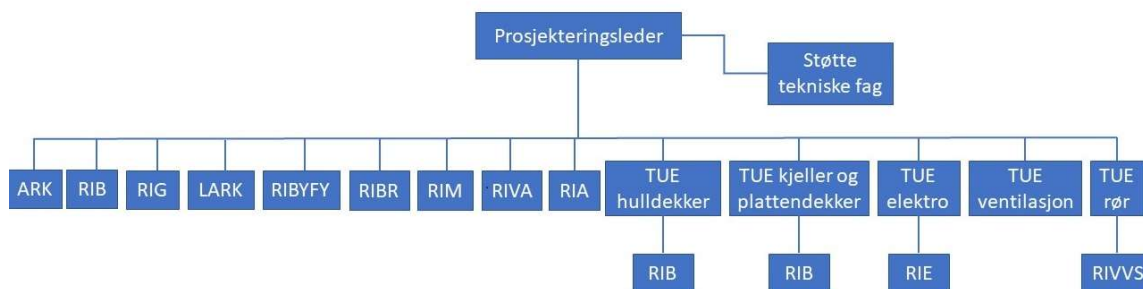
5.3. Prosjektstruktur

Forprosjekt, rammesøknadstegninger og salgstegninger var utarbeidet av arkitekten i samarbeid med BH før Vedal startet sitt arbeid. Arkitekten ble tiltransportert Vedal etter at totalentreprisen var inngått mellom OBOS og Vedal, for detaljprosjektering. BHs organisasjon bestod av tiltakshaver, byggherrerepresentant, koordinator prosjektering og koordinator utførelse. Organisasjonskartet til TE er vist i figur 9. Under prosjekteringslederen bidro én aktør som støtte til teknisk prosjektering.



Figur 9. Totalentreprenørens prosjektorganisasjon

Kjente konsulenter var valgt av BH og TE for alle fag, som en trygghet til at prosjekteringen skulle gjennomføres i henhold til krav. Til detaljprosjekteringen valgte TE å benytte seg av flere av rådgiverne BH hadde brukt tidligere i forprosjektet. Prosjektlederen mente at det er naturlige årsaker til et slikt valg, siden aktørene allerede har god kjennskap til prosjektet. En oversikt over hvilke rådgivere som er tatt inn i prosjekteringsarbeidet er vist i figur 10. TUE-ene har sine respektive rådgivere listet under seg. Samtlige tekniske fag var totalunderentrepriser, og ventilasjonsentreprenøren var den eneste som hadde prosjektering i egen bedrift.



Figur 10. Prosjekteringsgruppen

Prosjektorganisasjonen hadde 36 utførende UE-er å forholde seg til gjennom prosjektarbeidet, og totalt 1300 arbeidere har vært innom byggeplassen. Arbeiderne har vært spredt utover hele produksjonen, og prosjektlederen mener at det har vært mellom 120-140 arbeidere i sving hver dag mellom august 2017 og august 2019, som han betegner som perioden med mest produksjon.

5.4. Milepæler og gjennomføringsplaner

Tidlig i prosjektarbeidet ble det laget en prosjekteringsplan, som ved flere anledninger ble revidert. Prosjekteringsplanen inneholder en oversikt over frister for RIG, RIB, ARK, RIVA, LARK, RIE, RIVVS og RIV til å levere løsninger og tegninger slik at arbeidet kunne settes i gang. Produksjonsstart skulle ifølge de første planene starte tidlig i februar 2017, men senere ble oppstarten flyttet til 27. februar 2017. Gjennom samtaler med prosjektledere, er det forklart at flere av fagene RIBYFY, RIBR og RIA kommuniserte direkte med arkitekten, og at deres løsninger er inkludert i ARK sine oppgaver. Prosjekteringsplanen inneholder også milepæler for grunn- og råbyggarbeidet til de tre husene. I tillegg, er frister for innsending av søknader om byggetillatelse listet i planen, og er vist i vedlegg F.

For produksjonen var det utviklet en hovedfremdriftsplan, en oversikt over hvilke aktiviteter som skal utføres, forventet varighet og hvordan de avhenger av andre aktiviteter. Forfatteren har kun fått tilgang på en grov fremdriftsplan med liten oppdeling av aktiviteter og uten avhengigheter. Planen er revidert 23. november 2017, vist i vedlegg G, og ifølge den skulle husene være overleverte i slutten av november 2019. Det er laget en kombinert prosjekterings- og hovedfremdriftsplan i Microsoft Project i samarbeid med prosjektlederen for Kværnertoppen og veiledere. Aktivitetene i planen er hentet fra hovedfremdriftsplanen og prosjekteringsplanen, og er til dels redigerte. I planen er avhengigheter mellom aktivitetene laget for å passe til tidspunktene satt i de to prosjektplanene, og er vist i vedlegg H.

5.5. Møtestruktur

Det er avholdt svært mange forskjellige møter i løpet av byggeprosjektets levetid. De består av en kombinasjon av engangsmøter, faste møter og møter ved behov. En oversikt over møtevirksomheten i prosjektet er vist i tabell 10.

Tabell 10. Møteoversikt

Møtetype	Navn	Frekvens
Faste møter	Prosjekteringsmøte	Hver 2. uke
	Fremdriftsmøte/ produksjonsmøte	Hver 2. uke
	Daglig informasjon	Hver dag
	Vernerunde	Hver 2. uke
	Internmøte	Hver 2. uke
Ved behov	Særmøte prosjektering	
	Tekniske koordineringsmøter	
	Byggemøter	
Engangsmøte	Kontraktgjennomgang UE	
	Oppstartsmøte UE	
	Oppstartsmøte produksjon	

Prosjekteringsmøtene tok sted fra november 2016, og ble holdt annenhver uke frem til 29. mai 2018. I møtene ble fremdrift i prosjekteringen diskutert og prosjekteringsplanen revidert. Uenigheter og problemer i prosjekteringen er hovedsakelig tatt opp utenom prosjekteringsmøtene, og hvis nødvendig er det arrangert egne særmøter for å løse disse. De tekniske entreprenørene har behov for mye koordinering for å løse oppgavene sine, derfor er

det arrangert egne tekniske koordineringsmøter ved behov mellom prosjekteringsleder, støtteaktøren, representanter fra de tekniske fagene og rådgivere.

Fortløpende som TE kontraherte UE-er er det gjennomført møter for å gjennomgå kontraktene, hvor prosjektleder og innkjøpsansvarlig har deltatt sammen med representanter fra UE. Da UE skulle starte sitt arbeid, er det først arrangert oppstartsmøter med arbeiderne for å klargjøre rutiner. Arbeiderne er også informert daglig om hva som skal foregå på byggeplassen, og hvilke aktiviteter eller områder som krever spesiell oppmerksomhet.

Fremdriften i byggeprosjektet er fulgt opp gjennom fremdriftsmøter mellom prosjektgruppen og representanter fra UE-ene. I tillegg er det arrangert byggemøter der det har vært behov for ekstra oppmerksomhet, eller ved eventuelle tvister. Prosjektorganisasjonen har arrangert internmøter annenhver uke for å oppdatere hverandre på sine respektive arbeidsoppgaver, samtidig som gruppen kan diskutere hvordan de skal prioritere ressursene sine videre. HMS-arbeidet står svært sentralt i prosjektet, og som en del av det arbeidet, er det arrangert vernerunde med HMS-ansvarlig og deltagere fra UE annenhver uke. Her er mulige farer for sikkerheten rundt omkring på byggeplassen tatt opp, og krav om retting er påpekt til ansvarlig aktør.

6 Simulering av byggeprosjekt i SimVision

Arbeidet med å simulere Kværnertoppen i SimVision er beskrevet i dette kapitlet. Først er forskjellige elementer og innstillinger i programvaren forklart, før modelleringen av grunnmodellen for Kværnertoppen er beskrevet. Videre er resultatene fra grunnmodellen presentert og vurdert, før scenarioene utledet fra modellen er presentert. Det er laget en ny grunnmodell med kun de tekniske oppgavene, for å undersøke valg av underentreprisereformer grundigere. Den tekniske grunnmodellen og scenarioer utledet fra den er presentert til slutt.

6.1. Lage grunnmodell i SimVision

6.1.1. Modellerings-elementer og -innstillinger

Målet for bruken av SimVision er å lage en modell som etterligner et reelt byggeprosjekt på en mest mulig nøyaktig måte. Da vil en kunne simulere prestasjonen til prosjektorganisasjonen. Organisasjoner kan ha flere pågående prosjekter samtidig, og er i SimVision satt sammen til et program. En av hovedfunksjonene til programvaren er at en kan gjøre forskjellige endringer i modellen, og simulere hvilken effekt det vil ha på prosjektet. Hvis man har laget en god modell vil en med trygghet kunne forutse hvordan en endring vil påvirke det faktiske prosjektet. Det kan en oppnå ved å velge prosjektspesifikke karakteristikk og innstillinger, som deles inn i tre grupper (ePM, 2005):

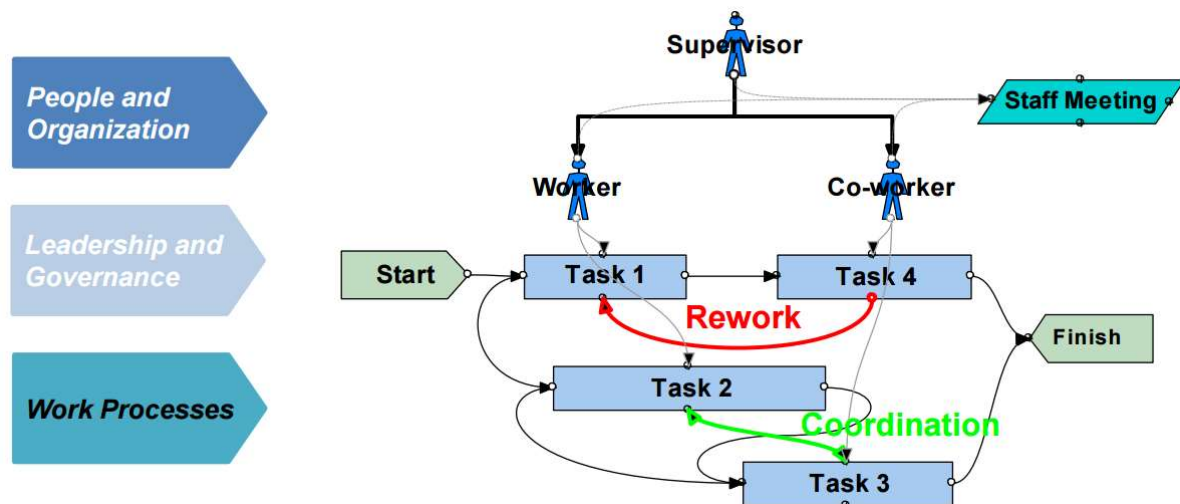
- Finansielle innstillinger
- Organisasjonskultur
- Prosjektsannsynligheter

De neste avsnittene beskriver byggesteinene som må til for å lage en grunnmodell. Først er de generelle elementene nevnt, før de tre overnevnte innstillingene er utdypet. Det er basert på bruksanvisningen til SimVision (ePM, 2005) og Gjerdes (2017) beskrivelser.

6.1.1.1. Generelle elementer




For å lage grunnmodellen må en bryte prosjektet ned i konkrete elementer. Det består hovedsakelig av aktører, aktiviteter og møter. SimVision tar i tillegg hensyn til kommunikasjonsform og -frekvens mellom aktørene, aktørenes roller, avhengighetene mellom aktivitetene, og hvilke aktører som har ansvar for de forskjellige aktivitetene. Elementene blir satt sammen til en *baseline*, eller *grunnmodell*. Et eksempel på en enkel grunnmodell er vist i figur 11.




I figur 11 er prosjektets start og slutt markert med hver sin milepæl. Prosjektet består av fire oppgaver som har forskjellige avhengigheter til hverandre. Organisasjonen består av tre personer (posisjoner), hvor to av dem er ansvarlig for to oppgaver hver. Alle tre deltar i ett møte. Mengden rework er også definert, og er representert ved en rød pil. Aktiviteter som krever ekstra koordinering og kommunikasjon er vist med en grønn pil. En forklaring for elementene i figuren er vist i tabell 11, og er inspirert av en lignende tabell i Gjerdes masteroppgave (2017).



Figur 11. Eksempel på grunnmodell i SimVision (Triesch og Mancusi, 2016)

Tabell 11. Generelle elementer i en grunnmodell (Gjerde, 2017).

Element	Symbol (Engelsk)	Beskrivelse
Milepæl		Definerer et beslutningspunkt eller et avsluttet segment i prosjektet. Milepælen gir et kontrollpunkt for å sikre at prosjektplanen blir fulgt. Milepæler kan bli definert som enten relative eller absolutte.
Oppgave		Oppgavene blir lagt til mellom milepælene for å sikre at arbeidet blir utført. En oppgave definerer en arbeidsmengde tildelt til en person eller flere personer. Oppgaver kan bli modellert i serie eller parallelt. Milepæler og oppgaver er koblet sammen med etterfølger-koblinger (engelsk: <i>successor links</i>), som indikerer flyten i prosjektet.
Posisjon		Definerer den ansvarlige for hver oppgave. Posisjonen kan representere en person eller et lag. Posisjoner kan arrangeres i en hierarkisk struktur, som kan variere fra den organisasjonelle strukturen. Hver posisjon får en rolle. Posisjoner får tildelt oppgaver gjennom primære tildelingskoblinger, som vist med grå pil i figur 11.

Møter		<p>Et møte representerer deling av informasjon mellom prosjektdeltakerne. Møtene er «enkle», i den forstand at alle aktørene som deltar på møtet vil motta og forstå informasjonen som er delt. En kan ikke knytte ett tema til møtene, så deltagerne vil dele den informasjonen de rekker innen møtetiden, om alle tema. Grad av formalisering bestemmer om informasjonen hovedsakelig er delt under møter eller mellom prosjektmedlemmene i uformelle samtaler utenom møtene.</p>
Kommunikasjonskobling		<p>Kommunikasjonskoblinger er etablert mellom oppgaver. De indikerer at det er nødvendig med ekstra informasjonsutveksling mellom de ansvarlige for oppgavene som er koblet sammen, for å fullføre oppgaven. Koblingen er kun lagt til for oppgaver med ekstra behov for kommunikasjon. Omfanget av kommunikasjonskoblinger er bestemt av <i>sannsynligheten for informasjonsutvekslings (SIU)</i>, se tabell 14.</p>
Rework-kobling		<p>Koblingen definerer et tilbakeslag i prosjektet på grunn av en mislykket oppgave. For å ferdigstille oppgaven er det behov for å gjøre mer jobb i en foregående oppgave. Omfanget av rework-funksjonen påvirkes av valgt koblingsstyrke og <i>sannsynligheten for verifiseringsfeil (SVF, engelsk: verification failure probability (VFP))</i>, sannsynligheten for at oppgaven mislykkes.</p>

6.1.1.2.Finansegenskaper

De finansielle egenskapene består i korte trekk av å følge opp prosjektets kostnader og inntekter. SimVision gir en detaljert nedbrytning av inntekter og kostnader gjennom prosjektet, i form av diagrammer. Informasjon om inntekter og kostnader legges inn i individuelle milepæler og aktiviteter, og er videre forklart i tabell 12. En kan fortløpende legge inn faktiske kostnader og inntekter i programmet for å sammenligne det med de prosjekterte kostnadene.

Tabell 12. Finansielle innstillinger

Navn	Beskrivelse
Prosjektets kostnader	Kostnader er delt opp i arbeidskostnader, primært lønninger, og ikke-arbeidskostnader som for eksempel materialer, betalinger eller straffer. De sistnevnte legges inn for hver aktivitet og milepæl. Arbeidskostnader regnes ut ved å multiplisere lønningene til personene involverte med arbeidsvolumet (antall timer) for hver aktivitet. Ikke-arbeidskostnader kan enten være engangskostnad (fikskostnad) eller løpende kostnad.
Prosjektets inntekter	Inntektene til prosjektet måles enten som engangsinntekt (fiksinnntekt) eller løpende inntekter.

6.1.1.3. Organisasjonskultur

Gjennom organisasjonskulturen ønsker en å få med hvordan aktørene kommuniserer, hvor ofte og mellom hvem. Hvis organisasjonen har mye erfaring er det antatt at de vil levere prosjektet fortere med høyere standard, enn ved uerfarne aktører. I tabell 13 står det en forklaring på innstillingene innenfor organisasjonskultur. Innstillingene kan velges til høy, medium eller lav.

Tabell 13. Organisasjonskultur

Navn	Beskrivelse
Lagserfaring	Omhandler hvor suksessfullt prosjektledelsen har utført lignende prosjekter tidligere. Lagserfaringen påvirker hvor fort hver enkelt posisjon prosesserer informasjon. Erfaringen i laget påvirker behovet for informasjonsutveksling i prosjektet. Høy erfaring tilsier behov for mindre kommunikasjon.
Prosjektets grad av sentralisering	Forteller hvem i prosjektorganisasjonen som tar beslutninger. Ved høy grad blir beslutningene tatt av personer høyt oppe i prosjekthierarkiet, mens ved lav grad vil de ansvarlige posisjonene ta egne beslutninger, noe som gir behov for mindre koordinasjon.
Prosjektets grad av formalisering	Mål for andel formell kommunikasjonen i prosjektet. Høy grad tilsier at det meste av kommunikasjonen foregår i formelle møter, mens lav grad tilsier mye uformell kommunikasjon. I kombinasjon med SIU, se tabell 14, påvirker graden av formalisering sannsynligheten for at kommunikasjon gjennom en kommunikasjonkobling blir utført.
Matrisestyrke	Matrisestyrken omhandler organisasjonens tilknytning, ved å fortelle sjansen for at posisjonene vil kunne delta i informasjonsutveksling. Tilknytningen tilsvarer ofte hvor tett geografisk posisjonene arbeider. Høy styrke tilsier at posisjonen deltar på store deler av den uformelle kommunikasjonen, og mindre på de formelle møtene. Lav styrke er motsatt, mens for medium styrke deltar posisjonen rundt like mye på de to forskjellige kommunikasjonsformene.

6.1.1.4. Prosjektsannsynligheter

Sannsynlighetsfaktorene sier noe om sjansen for distraksjoner i produksjonen. De er bestemt gjennom mengden koordinering, antall avbrudd, oppgaver som krasjer med møter, og egendefinert usikkerhet for utføring av en oppgave, for eksempel på grunn av kompleksitet. Å definere sannsynlighetene krever høy kunnskap til prosjektet, i tillegg til at valgene påvirker simuleringen i relativt stor grad. En burde derfor være svært nøye når en setter verdiene. De forskjellige sannsynlighetene er gitt i tabell 14.

Tabell 14. Prosjektsannsynligheter

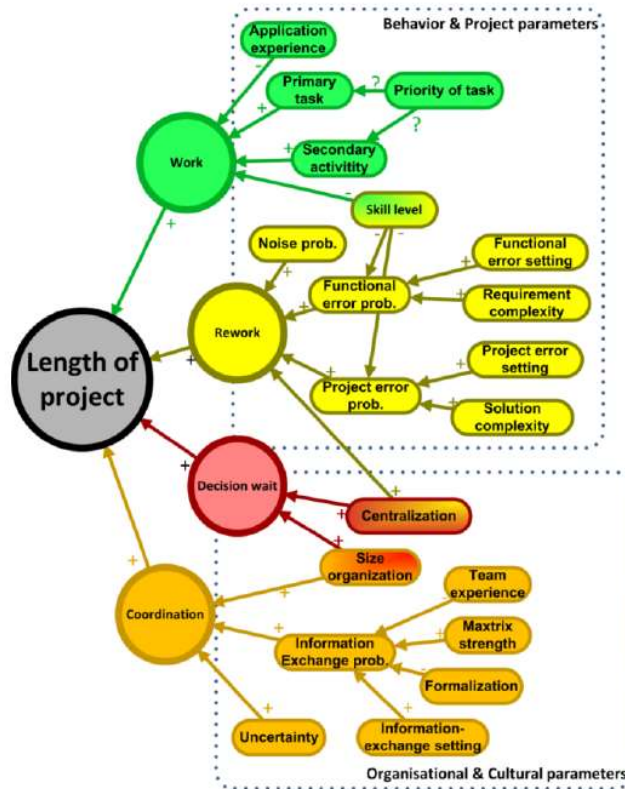
Navn	Beskrivelse
Sannsynlighet for informasjonsutveksling (SIU, engelsk: <i>Information exchange probability</i>)	Rangerer graden av koordinasjon og informasjonsflyt i prosjektet mellom posisjoner og tilhørende oppgaver gjennom kommunikasjonskoblinger. Total mengde kommunikasjon i prosjektet er definert av antall kommunikasjonskoblinger, oppgavens varighet og SIU, som vanligvis er mellom 0,2 og 0,9. Høy verdi tilsvarer mange gjensidig avhengige oppgaver med uerfarne og travle arbeidere.
Støysannsynlighet (engelsk: <i>noise probability</i>)	Støysannsynligheten måler effekten av forstyrrelser i en vanlig arbeidsdag. Sannsynligheten er vanligvis i intervallet 0,01 til 0,10. Større sannsynlighet enn det fører til rework.
Sannsynlighet for funksjonell feil (SFF, engelsk: <i>Functional error probability</i>)	Funksjonell feil er feil tilknyttet én oppgave som gir rework kun for den oppgaven og ansvarlig posisjon. Sannsynligheten settes vanligvis mellom 0,05 og 0,10. Høy verdi tilsier et prosjekt med ukjent teknologi og innovative arbeidsprosesser.
Sannsynlighet for prosjektfeil (SPF, engelsk: <i>Project error probability</i>)	Sannsynligheten for feil i en oppgave som fører til rework i andre oppgaver koblet til den med en rework-kobling. Total mengde arbeid som følge av prosjektfeil avhenger av SPF, antall rework-koblinger og styrken på dem. Sannsynligheten settes vanligvis mellom 0,05 og 0,10. Lav verdi tilsier et prosjekt med standardiserte oppgaver og kjente arbeidsprosesser.

De valgte verdiene for sannsynlighetene er i utgangspunktet programspesifikke, og gjelder for samtlige prosjekter i programmet, men en kan definere dem for hvert enkelt prosjekt. Hvordan programvaren håndterer en feil som er oppdaget er avhengig av sentraliseringsgraden i prosjektet, men den ansvarlige posisjonen kan ta en av tre beslutninger: Utføre rework, fikse kjapt eller ignorere. Dette gjelder i hovedsak for funksjonelle- og prosjektfeil.

SimVision setter sannsynligheten for verifiseringsfeil (SVF, engelsk: VFP) for hvert program, prosjekt og oppgave. SVF er definert som sannsynligheten for å mislykkes, så en høy verdi er dårlig. Sannsynligheten er ikke valgt av brukeren selv, men tar utgangspunktet i SFF og SPF. Når en kjører den første valideringssimuleringen i programmet vil sannsynligheten for at det oppstår feil i hver enkelt oppgave evalueres. Dette er definert av tre faktorer: Type beslutning (rework, fikse kjapt eller ignorere), kolliderende møter, og uoverensstemmelse mellom krevd og faktisk ferdighet hos ansvarlig posisjon. Det er valgt av brukeren gjennom de program-, prosjekt- og oppgavespesifikke innstillingene. Den individuelle SVF-verdien for hver oppgave blir endret der etter, og den globale SVF-verdien for programmet blir satt.

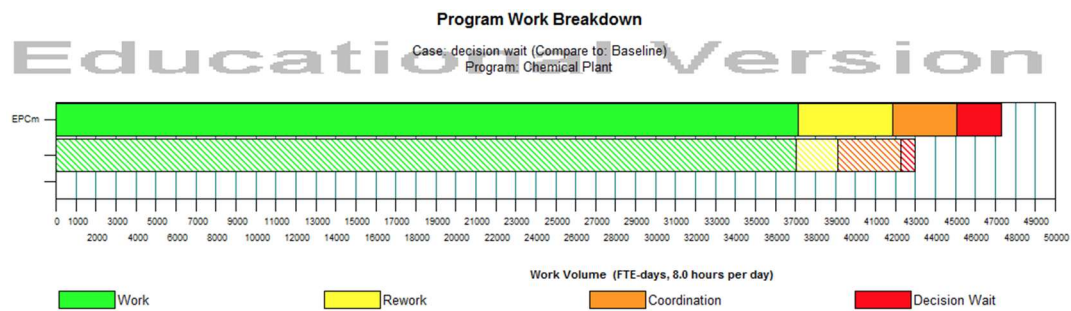
6.1.2. Resultater av en simuleringsprosess

SimVision gir ut varigheten til prosjektet, som er definert gjennom mengden arbeid, rework, koordinasjon og beslutningstid. Programmet kjører *Monte Carlo simuleringer*, en simuleringsteknikk for å forstå betydningen av risiko og usikkerhet i modeller (Birta og Arbez, 2013), for prosjektstrukturen med egenskapene og innstillingene definert i kapittel 6.1.1. Figur 12 lister opp egenskapene som påvirker lengden på prosjektet, og hvordan de henger sammen.



Figur 12. Korrelasjon mellom prosjektegenskaper (Kooy, 2012).

I figur 13 ser man hvordan de forskjellige parameterne påvirker arbeidsvolumet til et eksempelprosjekt. Mengden arbeid på prosjektet er sammenlignet med mengden til et annet scenario. Arbeidsmengden er gitt ut i timeverk, og inndelt i arbeid, rework, koordinasjonstid og beslutningstid. Programvaren gir også ut et *Gantt-skjema* for prosjektets simulerte fremdrift, S-kurve for kostnader, oversikt over hvilke aktiviteter som forverres, og oversikt over etterslepet de forskjellige posisjonene har for å fullføre oppgavene sine. I tillegg får man en oversikt over forskjellige risikoer knyttet til prosess- og produktkvalitet, prosjektrisiko, funksjonalitet og kommunikasjon.



Figur 13. Sammenligning av arbeidsvolum for to forskjellige scenarioer (Kooy, 2012).

6.2. Modellere Kværnertoppen i SimVision

I dette kapittelet er valgene gjort i forbindelse med oppbyggingen av grunnmodellen i SimVision beskrevet. Antagelser med utgangspunkt i prosjektdataene fra Kværnertoppen, og hvordan dataene er tilpasset programvaren, er også omtalt. En oversikt over antagelsene er vist i vedlegg C. Før grunnmodellen var gyldig, måtte den balanseres ved å se på hvordan endringer i prosjektinnstillingene påvirket resultatene. Da det var fullført, kunne en begynne å utlede scenarioer fra grunnmodellen, simulere dem, og sammenligne resultatene med grunnmodellens. Grunnmodellen er så stor at den ikke er leselig i teksten, men er vist i vedlegg I.

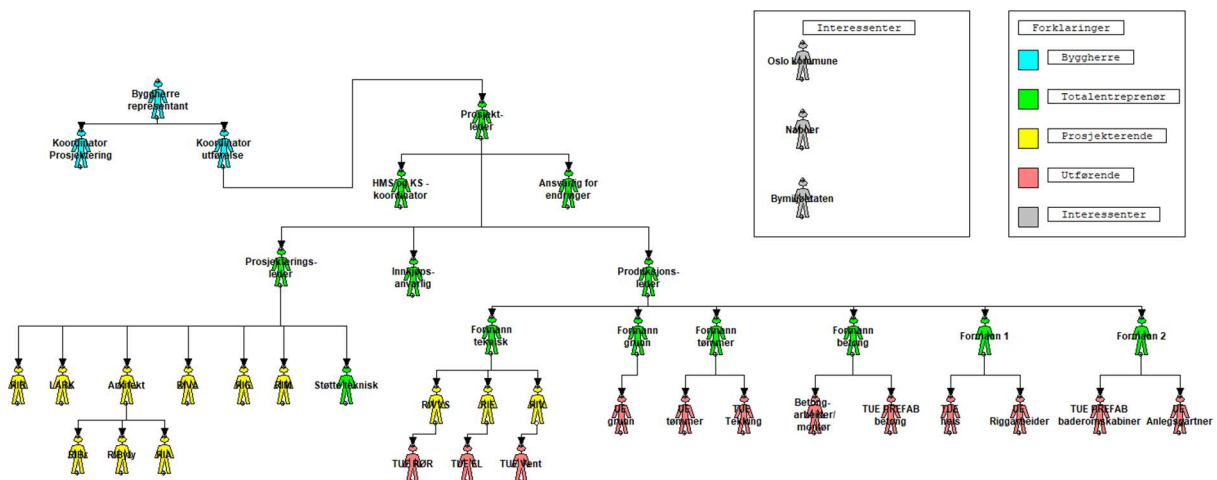
6.2.1. Organisasjonsstruktur

Basert på organisasjonskartene vist i kapittel 5, er det laget et organisasjonskart i SimVision av prosjektet. Prosjektgruppen til TE og de prosjekterende er bevart, men de utførende aktørene er slått sammen til større grupper. Ingen av interessentene har konkrete oppgaver i prosjektet, men er representert i modellen siden de kan ha en innvirkning på prosjektutfallet. Byggherrerepresentantene har heller ingen konkrete oppgaver, men deltar i noen møter, og er koblet til organisasjonskartet for å ta beslutninger.

Alle innstillingene knyttet til organisasjonskultur er valgt til medium. Lagerfaringen i prosjektorganisasjonen kunne vært satt til høy, men det var få aktører i prosjektet som tidligere hadde arbeidet sammen. I tillegg var det første gang TE arbeidet med BH. Graden av sentralisering kunne også vært satt til høy, siden mange viktige beslutninger er tatt høyt i hierarkiet. Medium er likevel valgt, siden det er ønskelig at de prosjekterende, TUE-ene og aktørene lengst nede i prosjektledelsen skal kunne ta beslutninger. Medium er også valgt for grad av formalisering, siden mye av kommunikasjonen i et byggeprosjekt foregår utenom formelle møter. Matrisestyrken er satt til medium, siden flere av aktørene befant seg tett

geografisk, samtidig som mange av rådgiverne kun var på byggeplassen da de var på møter. Noen av aktørene fikk kun tilsendt referater, uten å fysisk delta på møtene.

Oversikt over organisasjonsstrukturen er vist i figur 14. Med forskjellige farger, er det skilt mellom byggherrerrepresentanter (blå), prosjektgruppen fra TE (grønn), rådgivere/prosjekteringsansvarlige (gul), utførende aktører (rød) og interessenter (grå).



Figur 14. Organisasjonskart Kværnertoppen grunnmodell i SimVision.

TUE-ene er representert på to forskjellige måter. Der TUE har innleid rådgiver som har deltatt på prosjekteringsmøter, er rådgiver tatt med som egen posisjon i modellen, mens der rådgiver ikke har deltatt, er rollen sett på som en del av TUE-posisjonen. For eksempel for TUE prefabrikkert betong, er det forenklet at prosjekteringskompetansen er inkludert i posisjonen, og at all kommunikasjon foregår gjennom TUE. I motsetning til TUE for elektro, hvor RIE har deltatt i prosjekteringsmøter. Rådgiveren er plassert over utførende i hierarkiet, selv om det er TUE som har leid inn rådgiveren. I SimVision sendes spørsmål oppover i hierarkiet for å få svar, så for at RIE skal kunne løse problemer TUE elektro møter, må de være representert på denne måten, selv om det er TUE som tar beslutningen til syvende og sist.

TUE ventilasjon var ansvarlig for både prosjekteringen og utførelsen av oppgavene knyttet til ventilasjonsarbeidet i prosjektet. Rådgiverne satt internt i bedriften, men for å skille rådgiverne fra de utførende aktørene i simuleringen, er modellen forenklet slik at RIV er et eget ledd med TUE ventilasjon.

6.2.2. Ressurser

Hver posisjon har et antall FTE-er (fulltidsekvivalenter), som tilsvarer mengden arbeid posisjonen kan utføre. For eksempel en posisjon med FTE lik to, vil utføre arbeid for to personer. Posisjonene i BH- og TE-gruppen er representert med én FTE hver. Rådgiverne varierer fra en til fem, mens de utførende aktørene er spredt mellom to og sytti. Antall ressurser er basert på hvilke aktiviteter de er ansvarlige for, og hvor mange arbeidere som har vært innom på prosjektet.

I programvaren velger man forskjellige roller for posisjonene; prosjektleder (PM, engelsk: *project manager*), mellomleder (SL, engelsk: *subteam leader*) og lag (ST, engelsk: *subteam*). Valg av roller påvirker posisjonens evne til å ta beslutninger og dens fokus på kvalitet opp mot produksjon. PM-rollen fatter beslutninger kjapt, og har et høyt fokus på kvalitet. ST-rollen sender spørsmål videre opp i hierarkiet, og kan igangsette arbeid uten all informasjon tilgjengelig, mens SL befinner seg mellom de to andre rollene.

Prosjektgruppen, utenom formenn og støtte teknisk er valgt PM, siden de skal ha evnen til å ta beslutninger. To av formennene har fått PM-rollen. En av dem er ansvarlig for mindre fag; riggarbeider og heis, mens den andre har kun ansvar for grunn. Grunnarbeidet viste seg å være utfordrende å modellere, og gav svært mye rework, så derfor er formannen valgt PM. Resten av formennene, samt alle prosjekterende, er valgt SL, siden de skal komme med løsninger. Alle utførende aktører er valgt ST. Samtlige posisjoner har fått medium erfaringsnivå.

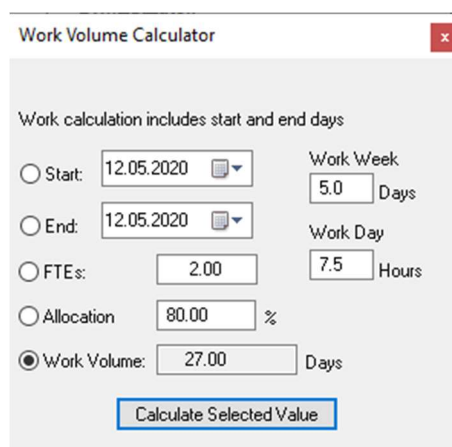
Bemanningsfunksjonen til posisjonene er ikke brukt, det vil si at ingen av posisjonene er bemannet med aktører med forskjellige roller. Å bemanne UE-ene var ønskelig, men på grunn av begrensningen i tid var det ikke prioritert å kontakte de forskjellige UE-ene for å høre hvordan deres lag var satt sammen. Oversikt over samtlige posisjoner, deres roller og antall FTE-er er vist i vedlegg J. Alle posisjoner er satt til å ha medium erfaring.

Flere av posisjonene er sammenslått av flere UE-er fra det faktiske prosjektet. Posisjonene som er tatt med er direkte koblet opp til aktivitetene som skal utføres. Hvilke arbeidere som er inkludert i samme posisjon er vist i vedlegg E.

6.2.3. Aktiviteter og milepæler

Å modellere aktivitetene i prosjektet er en helt essensiell del av SimVision modellene. Som nevnt i kapittel 3, er aktivitetene basert på prosjekterings- og hovedfremdriftsplanen fra Kværnertoppen. Det er gjort grove forenklinger og sammenslåinger av henholdsvis aktivitetene og posisjonen som utfører aktiviteten. Avhengighetene mellom aktivitetene er valgt på bakgrunn av forfatterens forståelse av byggeprosjektets gang, supplert med innspill fra veileder og prosjektlederen fra Kværnertoppen. Ved hjelp av Microsoft Project kunne forfatteren kontrollere at de valgte avhengighetene førte til at planene mer eller mindre lignet på de originale prosjektplanene. Prosjekteringsaktivitetene er slått sammen til én aktivitet for de forskjellige fagene for hvert hus, mens oversikt over sammenslåingen av de utførende aktivitetene er vist i vedlegg E.

I SimVision må en føre opp arbeidsvolumet, hvor mange dager, som er forventet å bruke på hver aktivitet. Det avhenger av hvor mange FTE-er posisjonen som er tilegnet oppgaven inneholder. For å tilegne en posisjon til en aktivitet bruker man en oppdragskobling. I koblingen tilegner man også hvor stor prosentandel av posisjonen som skal arbeide med aktiviteten. Varigheten til en aktivitet i SimVision er altså avhengig av arbeidsvolumet, antall FTE-er i tilegnet posisjon og styrken på oppdragskoblingen. Ved bruk av et verktøy kalt *Work Volume Calculator*, vist i figur 15, kan en finne arbeidsvolumet ut fra aktivitetens forventede startdato, sluttdato, antall FTE-er og styrken til oppdragskoblingen. Med utgangspunkt i datoene fra Microsoft Project-filen, vedlegg H, er kalkulatoren brukt for alle aktivitetene.



The image shows a 'Work Volume Calculator' dialog box with the following fields and values:

- Start: 12.05.2020
- End: 12.05.2020
- FTEs: 2.00
- Allocation: 80.00 %
- Work Volume: 27.00 Days
- Work Week: 5.0 Days
- Work Day: 7.5 Hours

A 'Calculate Selected Value' button is located at the bottom of the dialog.

Figur 15. Kalkulator for å beregne arbeidsvolum i SimVision

Representantene fra ePM påpekte at summen av oppdragskoblingene for aktiviteter som foregår samtidig ikke burde overskride 80%, siden aktørene trenger tid til å delta i møtevirksomhet og håndtere koordinering og rework. For samtlige aktiviteter er det valgt medium kompleksitet, og at generiske ferdigheter er nødvendig for å utføre jobben. Et utdrag av aktivitetene knyttet til hus A med deres tilhørende ressurser (markert med grått), er vist i tabell 15, mens oversikt over samtlige aktiviteter er vist i vedlegg K.

Tabell 15. Utdrag av aktiviteter fra grunnmodellen.

Task	Name	Priority	Work Value	Units	Assignment	Skills	Uncertainty	Cost Rate	Units
1	Prosjektore råbygg A	Medium	40	Days	RIB	Generic	Medium	8250	Days
2	Geoteknisk design	Medium	288	Days	RIG	Generic	Medium	8250	Days
3	Pæleplan	Medium	67	Days	RIB	Generic	Medium	8250	Days
4	Design fundamenter og kjeller A	Medium	41	Days	RIB	Generic	Medium	8250	Days
5	Prosjektering rør A	Medium	111	Days	RIVVS	Generic	Medium	8250	Days
6	Prosjektering elektro A	Medium	111	Days	RIE	Generic	Medium	8250	Days
7	Prosjektering ventilasjon A	Medium	55	Days	RIV	Generic	Medium	8250	Days
8	Detaljtegninger A	Medium	106	Days	Arkitekt	Generic	Medium	8250	Days
9	Graving, spunt og pæling	Medium	4805	Days	UE	Generic	Medium	25112	Days
10	Fundament og kjeller A	Medium	1630	Days	Betong-	Generic	Medium	23423	Days
11	Råbygg A	Medium	1940	Days	Betong-	Generic	Medium	23423	Days
12	Taktekking & "Tett hus" A	Medium	959	Days	TUE	Generic	Medium	34410	Days
13	Utvendig tømmer og fasader A	Medium	3840	Days	UE	Generic	Medium	55554	Days
14	Rør-installasjoner råbygg A	Medium	651	Days	TUE RØR	Generic	Medium	22000	Days
15	Rør-installasjoner tett bygg A	Medium	608	Days	TUE RØR	Generic	Medium	22000	Days
16	Innvendig arbeid A	Medium	1955	Days	UE	Generic	Medium	91937	Days
17	Prosjektering, levering og produksjon Ba	Medium	399	Days	TUE PREFAB	Generic	Medium	67637	Days
18	Heis A	Medium	27	Days	TUE	Generic	Medium	101274	Days
19	Elektro-installasjoner råbygg A	Medium	651	Days	TUE EL	Generic	Medium	21000	Days
20	Ventilasjon-installasjoner råbygg A	Medium	651	Days	TUE Vent	Generic	Medium	4000	Days
21	Elektro-installasjoner tett bygg A	Medium	608	Days	TUE EL	Generic	Medium	21000	Days
22	Ventilasjon-installasjoner tett bygg A	Medium	608	Days	TUE Vent	Generic	Medium	4000	Days

Det eksisterer en feil i SimVision som ikke har tillatt forfatteren å legge inn ferier, utenom helger, i modellen. Feriene vil tilsvare tre uker med produksjonsstopp hvert år. Forskjellige årlige fridager som 1. mai, 17. mai, pinse, og lignende, er inkludert i de tre ukene.

Hver aktivitet i programvaren trenger en etterfølgende aktivitet for at simuleringen skal kunne gjennomføres. Milepæler er brukt som etterfølgere, der andre aktiviteter ikke er naturlige etterfølgere. Andre milepæler er brukt for å gi oversikt over når forskjellige delmål i prosjektet er nådd. Oversikt over milepælene er vist i vedlegg L.

6.2.4. Møter

Det er valgt å ta med elleve forskjellige møter i prosjektarbeidet. Alle er hentet fra prosjektplanene tilsendt fra prosjektlederen, men hvem som deltar på de respektive møtene er valgt av forfatteren. En velger hvem som skal delta på møtene, varighet, frekvens, tidspunkt, prioritet, og når henholdsvis første og siste møte skal ta sted. En oversikt over møtene er vist i

tabell 16. Alle møtene er satt til høy prioritet siden det var anbefalt av representantene fra ePM. De fortalte at posisjonene har lett for å stå over møtene hvis ikke de innehar høy prioritet.

Tabell 16. Møteoversikt grunnmodell

Meeting	Name	Priority	Duration	Units	Repeating	Meet Every	Units	Start Time	First Meeting	Last Meeting
1	Prosjekterings- møte	High	2	Hours	Yes	2	Weeks	11:59 a.m.	Prosjektstart	Hus C fullført
2	Fremdrift-/ produksjonsmøte	High	1.5	Hours	Yes	2	Weeks	10:00 a.m.	Produksjonsstart	Hus C fullført
3	Vernerunde	High	0.5	Hours	Yes	2	Weeks	09:30 a.m.	Produksjonsstart	Hus C fullført
4	Teknisk sær møte	High	1	Hours	Yes	1	Weeks	02:00 p.m.	Produksjonsstart	Hus C fullført
5	Detalj- prosjektering/ sær møte	High	1	Hours	Yes	3	Weeks	03:00 p.m.	Prosjektstart	Fullført prosjektering Hus C
6	Beslutnings- møte	High	1	Hours	Yes	2	Weeks	02:00 p.m.	Prosjektstart	Fullført prosjektering Hus A
7	Internmøte	High	1	Hours	Yes	1	Weeks	08:00 a.m.	Produksjonsstart	Hus C fullført
8	Kontraks- gjennomgang UE	High	1	Hours	Yes	1	Weeks	12:00 p.m.	Prosjektstart	Produksjonsstart
9	Daglig informasjon	High	0.25	Hours	Yes	1	Days	08:00 a.m.	Produksjonsstart	Hus C fullført
10	Oppstartsmøte UE produksjon	High	1	Hours	Yes	4	Weeks	03:00 p.m.	Produksjonsstart	Fullført prosjektering Hus A
11	Byggemøter	High	1	Hours	Yes	4	Weeks	09:00 a.m.	Produksjonsstart	Hus C fullført

Ifølge representantene fra ePM, er møtene i SimVision «dumme», i den forstand at hvis et møte arrangeres vil alle som deltar motta all informasjon som blir delt. Et møte i SimVision vil dermed gi større informasjonsutveksling enn ved et reelt møte. Tilsvarende for aktiviteter, velger man posisjoner som skal delta i møter ved bruk av en møtekobling. Styrken på koblingen varierer fra 0 til 100%, og bestemmer hvor mange av møtene en posisjon skal delta på. Styrken på koblingene varierer i hele spekteret, men det var anbefalt av ePM at ingen av koblingene burde være lavere enn 10%. Det er likevel gjort ved noen tilfeller der posisjoner med høy FTE kun skal delta på ett av flere møter. Et eksempel på dette er UE Grunn som kun skulle delta på kontraktsgjennomgang mellom dem og TE. Posisjonen består av 30 FTE-er, og det var kun ønskelig at en eller to representanter fra UE-en skulle delta på ett av 15 møter. Da må styrken på møtekoblingen være svakere enn 10%, noe som ble akseptert av ePMs representanter.

6.2.5. Kostnader

I modellen er kostnader representert enten som timelønn eller som daglige kostnader knyttet til de forskjellige aktivitetene. Unntaket er en engangskostnad forbundet med grunnarbeidet på 16 millioner kroner. Kostnadene er hentet fra budsjettet fra Kværntoppen, tilsendt av prosjektlederen, og fordelt over varighetene til aktivitetene. Utførende aktører som deltar i mange møter har lønn knyttet til posisjonen sin, slik at timene i møter er inkludert i kostnadsberegningen. Lønnen til de minste aktørene, som deltar lite i møter, er derimot slått sammen i de daglige kostnadene til aktivitetene de utfører. Timelønnen til en arbeider er satt etter samtaler med prosjektlederen fra Kværntoppen, og varierer mellom 400 og 550kr/h.

Lønnen til rådgivere er slått sammen i aktivitetene. Den er for alle satt til 1100kr/h, og inkluderer kostnader knyttet til møtedeltagelse.

6.2.6. Rework- og kommunikasjonskoblinger

I et byggeprosjekt er det mange oppgaver som krever retting og har behov for å utføres på nytt. I modellen er det laget rework-koblinger hovedsakelig mellom utførelsesaktivitetene og deres tilhørende prosjekteringsaktiviteter, slik at hvis behovet for å gjøre noe på nytt oppstår, skal de prosjekterende vurdere omfanget. En bestemmer hvor lang tid ekstraarbeidet vil ta hver gang det oppstår en feil i aktiviteten, gjennom styrken til rework-koblingen. De er enten representert i konkret arbeidstid, eller som en prosentandel av arbeidsvolumet til aktiviteten. Styrken på rework-koblingene er i prosjektet satt mellom 1h (timer) til 2h, avhengig av kompleksiteten til oppgaven. Fullstendig oversikt er vist i vedlegg L.

Kommunikasjonskoblinger er valgt mellom oppgaver som krever ekstra samarbeid og kommunikasjon mellom de utførende posisjonene, eller mellom en rådgivende posisjon og utførende posisjon der prosjekteringen foregår samtidig som produksjonen. Et eksempel er koordineringen mellom montering av fundamentelementer og levering av elementene, vist i figur 16. En oversikt over kommunikasjonskoblingene er vist i vedlegg L.



Figur 16. Eksempel på kommunikasjonskobling.

6.2.7. Prosjektsannsynligheter

I samråd med representantene fra ePM er verdien for de overordnede prosjektsannsynlighetene satt. SIU er valgt til 0,7, en relativt høy verdi, men ifølge representantene, en vanlig verdi for byggeprosjekter. Støysannsynligheten er satt til 0,05, midt i det anbefalte intervallet. Sannsynlighetene for funksjonell feil og prosjektfeil er begge satt til 0,05. Byggeprosjektet er i moderat grad utført med aktiviteter bestående av standardiserte og kjente arbeidsprosesser, noe som tilsvarer medium sannsynlighet. Oversikt over prosjektinnstillingene er vist i figur 17.

Project	Value	Units
Name	Kværnertoppen	
Description		
Priority	Medium	
Work Day	7.5	<input type="checkbox"/>
Work Week	5	<input checked="" type="checkbox"/>
Team Experience	Medium	<input checked="" type="checkbox"/>
Centralization	Medium	<input checked="" type="checkbox"/>
Formalization	Medium	<input checked="" type="checkbox"/>
Matrix Strength	Medium	<input checked="" type="checkbox"/>
Info Exchange Prob.	0.7	<input checked="" type="checkbox"/>
Noise Prob.	0.05	<input checked="" type="checkbox"/>
Functional Error Prob.	0.05	<input checked="" type="checkbox"/>
Project Error Prob.	0.05	<input checked="" type="checkbox"/>

Figur 17. Prosjektsannsynligheter og innstillinger for organisasjonskultur i grunnmodell

6.2.8. Balansering av grunnmodell

Med bakgrunn i grunnmodellen, inkludert prosjektsannsynlighetene, er det produsert flere scenarioer hvor noen av nøkkelfaktorene er endret. Ved å undersøke effektene av endringene kan en se om det er noen spesielle elementer eller innstillinger som gir store utslag på prosjektet, og gir en ubalansert modell. Ifølge representantene fra ePM, vil en solid modell ikke gjøre store utslag ved mindre endringer. I tabell 17 er det en oversikt over alle endringene med utspring fra grunnmodellen som forfatteren laget, med mål om å verifisere at grunnmodellen er balansert. Balanseringen er gjort i tett samarbeid med representantene fra ePM.

Tabell 17. Oversikt over balanserings-scenarioer

Balanserings-scenario	Beskrivelse
1. Minke SIU	SIU fra 0,7 til 0,5
2. Øke SIU	SIU fra 0,7 til 0,9
3. Endre sannsynligheter	Støy, SFF og SPF til 0,10
4. Doble styrken på rework-koblinger	Doble rework-koblinger fra 1h-2h og 2h-4h
5. Endre rework-koblinger til prosent	Endre rework-koblinger fra 1h-2,5% og 2h-5%
6. Doble rework-koblinger i prosent	Doble rework-koblinger fra 2,5%-5% og 5%-10%
7. Ingen møter	Fjern alle møter.

6.3. Resultater fra simulering av grunnmodell

6.3.1. Modell uten prosjektsannsynligheter

Ved å simulere prosjektet uten prosjektsannsynlighetene ender man opp med overlevering 21.oktober 2019, en måned før overleveringen var planlagt. Hvis man legger til de ni ukene med ferie og produksjonsstopp gjennom jul, påske og sommer over årene, ville prosjektet vært fullført i slutten av desember 2019. Representantene fra ePM mener at feilen skyldes at programvaren ikke er fullstendig kompatibel med den norske versjonen av operativsystemet. Et Gantt-diagram av den modellerte prosjektutførelsen er vist i vedlegg M.

Kostnadskurven til prosjektet er vist i figur 18. Her ser en at prosjektkostnadene stopper i overkant av 430 millioner kroner, noe som er rundt 20 millioner kroner mindre enn budsjettet. De fleste kostnadene matcher budsjettet, men blant annet kostnadene for de tekniske fagene er mellom 10-15 millioner kroner over budsjett.

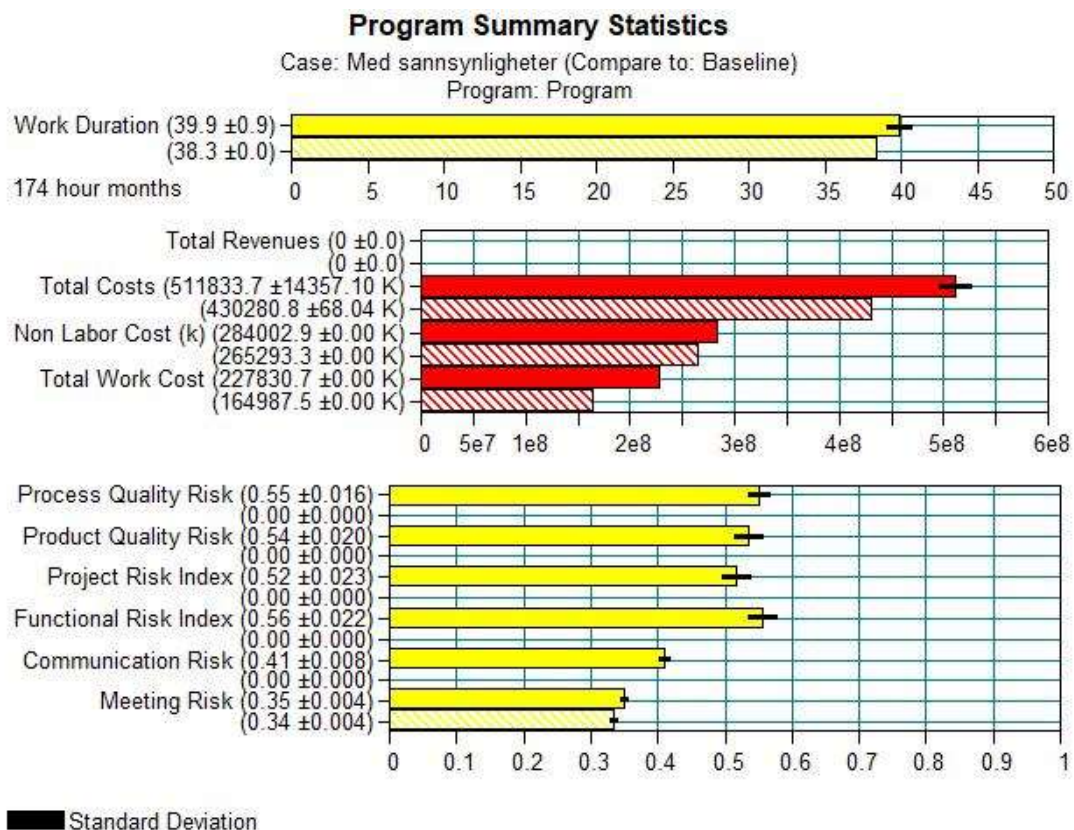


Figur 18. Kostnadsgraf fra modell uten prosjektsannsynligheter.

Antall arbeidere som befinner seg på prosjektet til samme tid, er relativt lavt i forhold til antall arbeidere som prosjektlederen sa jobbet i de mest travle delene av prosjektet. I modellen ligger antall arbeidere mellom 90-110 i perioden med mest produksjon. Ingen av posisjonene har betydelig etterslep på arbeidet sitt, og ingen tid går bort til rework eller venting på at beslutninger skal tas.

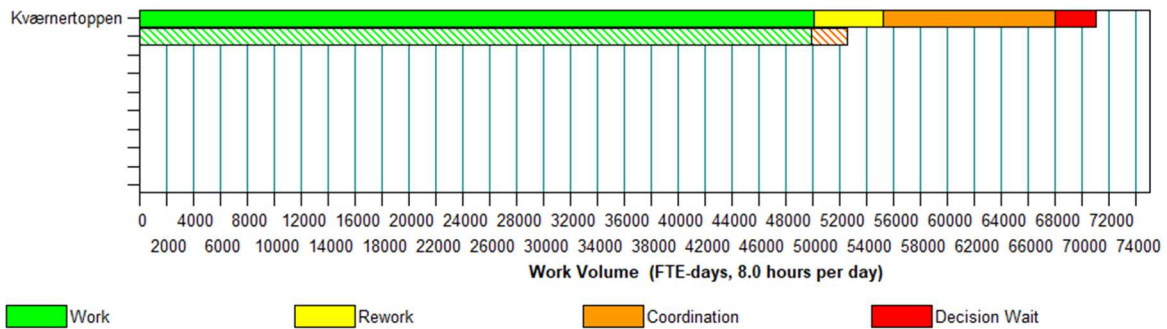
6.3.2. Grunnmodell – med prosjektsannsynligheter

Ved å legge til prosjektsannsynlighetene endrer prosjektet seg. Det dukker opp rework, mer koordinasjons- og beslutningstid. I figur 19, kan en se at prosjektet nå tar halvannen måned lenger tid, og kostnadene er økt til nærmere 512 millioner kroner. Grunnarbeidet og de tekniske fagene har økt betraktelig, henholdsvis med 10 og 20 millioner kroner. De heldekkete grafene representerer grunnmodellen, mens de stripete er uten prosjektsannsynlighetene. En kan også se at standardavviket (svart strek i grafene på figur 19), er betydelig større i grunnmodellen.



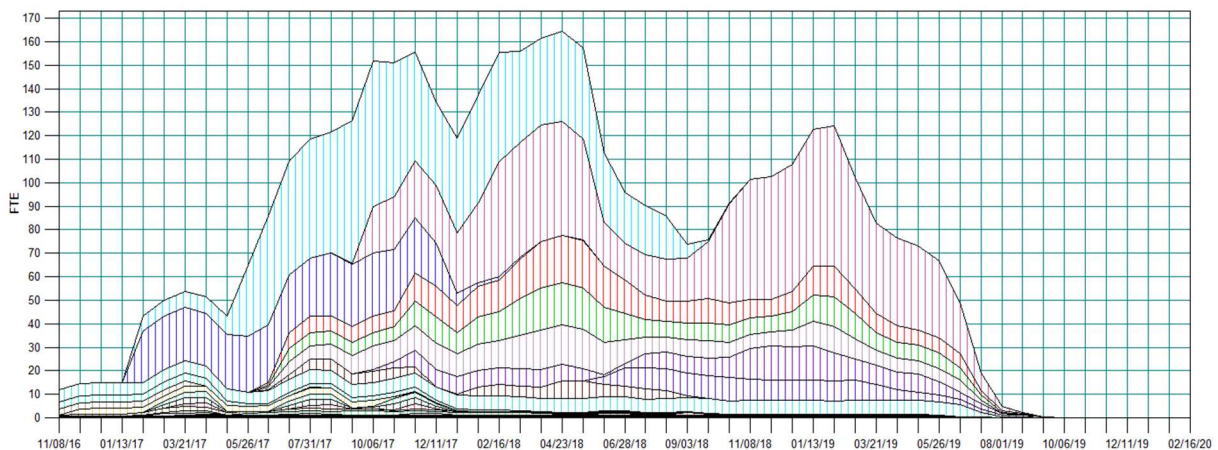
Figur 19. Sammenligning av kostnad og tidsbruk mellom grunnmodell og modell uten prosjektsannsynligheter

I figur 20 kan man se hvordan mengden rework, koordinerings- og beslutningstid varierer i de to modellene. I grunnmodellen er det spesielt aktiviteten «graving, spunt og peling», altså grunnarbeidet, som øker både i tidsbruk og kostnad. Den heltrukne grafen i figur 20 representerer grunnmodellen, mens den stripete grafen er uten sannsynlighetene.



Figur 20. Sammenligning av mengde arbeid, rework, koordinering- og beslutningstid mellom grunnmodell og modell uten prosjektsannsynligheter.

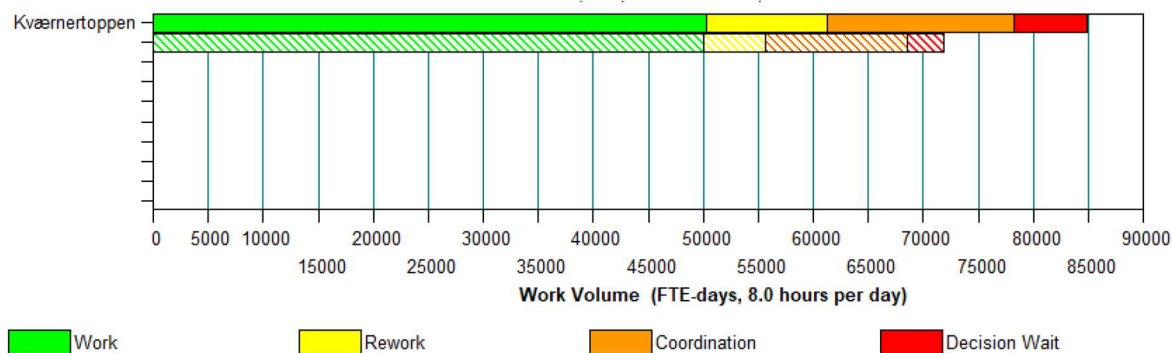
Den modellerte fordelingen av antall arbeidere gjennom prosjektet er vist i figur 21, og passer relativt godt med antallet arbeidere prosjektlederen sa arbeidet i tiden med mest produksjon. De forskjellige fargene tilsvarer de forskjellige posisjonene. Dumpen i antall arbeidere i september 2018, tilsvarer når betongarbeiderne (lyseblå farge) er planlagt ferdige, og alle råbyggene er unnagjort. Antall arbeidere tar seg opp igjen senere når tømmerne (lys lilla farge) har kommet ordentlig i gang på fasadene og innvendig arbeid på hus B og C. Ingen av posisjonene har betydelig etterslep i arbeidet.



Figur 21. Modellert oversikt over antall arbeidere på byggeplassen

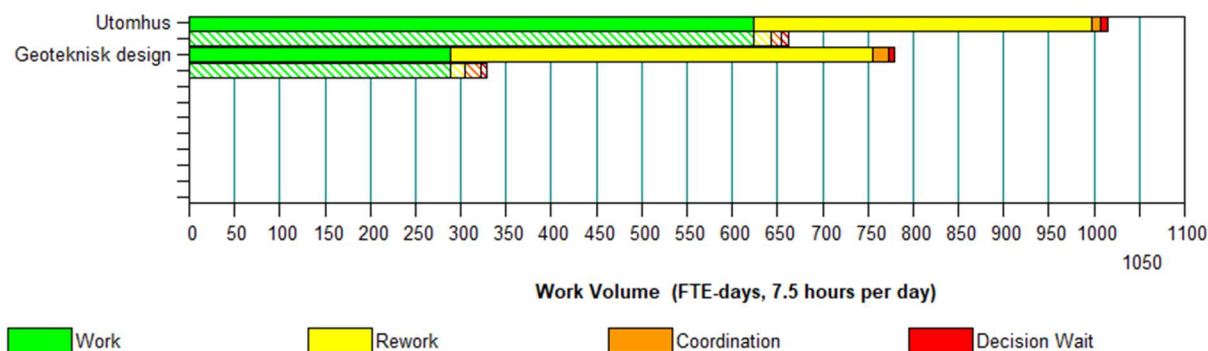
6.3.3. Resultater fra balansering av grunnmodell

Tre av balanserings-scenarioene gjorde interessante utslag på modellen, henholdsvis scenario 3, 5 og 7. Ved å endre støysannsynlighetene, SFP og SFF til 0,10, scenario 3, varer prosjektet i overkant av tre måneder lenger, og koster ca. 65 millioner kroner mer. Andelen rework, koordinasjons- og beslutningstid er i stor grad økt, vist i figur 22.



Figur 22. Sammenligning mellom grunnmodell og balanserings-scenarior 3

Ved å endre rework-koblingene fra absoluttverdi (timer) til prosent, scenario 5, skjer ikke store utslag på tidsbruk eller kostnader for prosjektet. Noen posisjoner, spesielt LARK og RIG, ble hardere påvirket, fordi store aktiviteter generer svært mye rework for deres tilhørende prosjekteringsaktivitet når rework-koblingen er satt til prosent. Det ekstra arbeidet fører til at de prosjekterende får et stort etterslep, som igjen kan gi problemer for senere aktiviteter. En oversikt over hvor mye ekstra rework aktivitetene til de nevnte rådgiverne får, er vist i figur 23. Ved å doble koblingsstyrken i prosent, slik som i scenario 6, økte rework-mengden og etterslepet betraktelig.



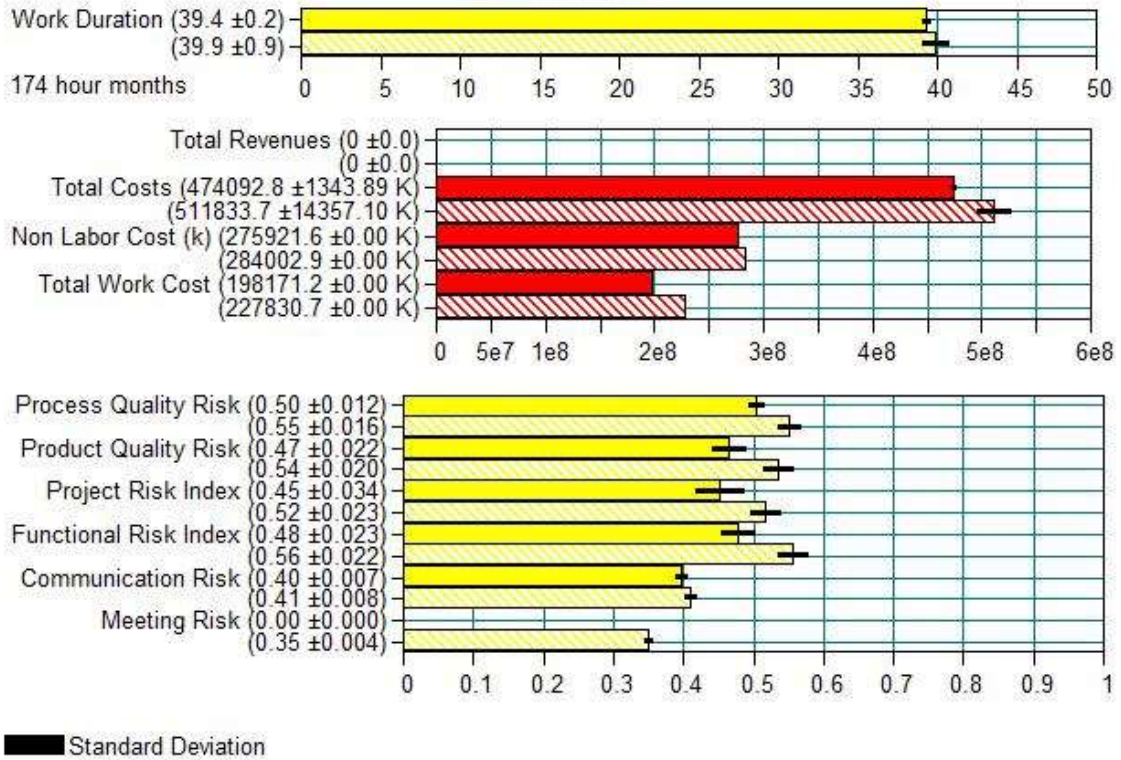
Figur 23. Mengden rework for LARK og RIG med rework-kobling i % sammenlignet med absoluttverdi i grunnmodellen.

Å fjerne alle møtene gav store utslag på prosjektet. Overleveringen kan ta sted nesten en måned tidligere, og kostnadene er gått ned rundt 40 millioner kroner, som vist i figur 24. Mengden rework, koordinerings- og beslutningstid er gått kraftig ned for hele prosjektet, vist i figur 25. I figurene er de heldekkende grafene fra modellen uten møter, og de stripede inkludert møtene. De andre scenarioene gav mindre utslag på resultatene, og er kort oppsummert i tabell 18.

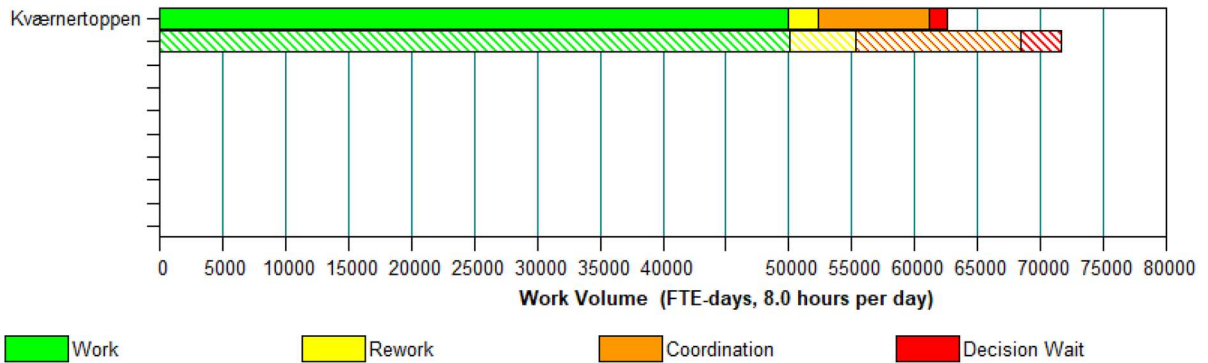
Program Summary Statistics

Case: Ingen møter (Compare to: Med sannsynligheter)

Program: Program



Figur 24. Sammenligning av kostnad, varighet og risiko mellom grunnmodell uten og med møter.



Figur 25. Sammenligning av mengde arbeid, rework, koordinering- og beslutningstid mellom grunnmodellen uten og med møter.

Tabell 18. Resultater fra balanserings-scenarier.

Balanserings-scenarior	Resultater
1. Minke SIU	Varigheten minker med to uker, og kostnader minker med rundt 16 millioner kroner.
2. Øke SIU	Varigheten øker med 16 dager, og kostnader øker med rundt 17 millioner kroner.
4. Doble styrken på rework-koblinger	Varigheten er relativt stabil, og kostnader øker med rundt 2 millioner kroner.
6. Doble rework-koblinger i prosent	Varigheten øker med 13 dager, og kostnader øker med 13 millioner kroner. Enorm økning i etterslep blant arbeiderne.

6.3.4. Vurdering av grunnmodell

Det er gjort grove forenklinger i prosjektmodellen, noe som minker reliabiliteten til resultatene. Samtidig er forenklingene gjort i samarbeid med erfarne personer med god forståelse knyttet til enten Kvernertoppen eller SimVision. Noe av kompleksiteten ved at mange aktører skal jobbe sammen, er forenklet siden mange aktiviteter og posisjoner er slått sammen. Starttidspunkter, varigheter og avhengigheter er hentet ut gjennom relevante dokumenter og samtaler, noe som resulterer i at simulert varighet likevel er relativt lik den planlagte varigheten.

Bemanning av posisjonene med forskjellige roller er ikke gjort i grunnmodellen. På grunn av begrensning i tid var det ikke prioritert av forfatteren å finne sammensetningen av alle UE-enes arbeidere i prosjektet. En oppbygning med bemanning av de forskjellige posisjonene kunne gitt en mer realistisk fremstilling av de forskjellige aktørene i byggeprosjektet, da en kunne spesifisert hvem i posisjonen som skulle ta beslutninger, delta i møter og utføre selve arbeidet.

Kostnadene er slått sammen i aktivitetene og posisjonene, med bakgrunn fra prosjektets budsjett. Fordelingen av kostnadene fører til at noen av aktivitetene ikke er helt like kostnaden av de faktiske aktivitetene, men totalt tilsvarer kostnaden til de forskjellige fagene i relativt stor grad med planlagt kostnad. Uten å legge til prosjektsannsynlighetene ligner modellen prosjektplanene i relativt stor grad både på kostnad og tidsbruk. Kostnadene endte rundt 20 millioner kroner under budsjettet kostnad. Det er rimelig å anta at kostnadene ville økt hvis

prosjektet hadde vart ni uker ekstra på grunn av feriene som ikke kunne legges til i modellen, på tross av at kostnadskurven i figur 18 flater ut mot slutten av prosjektet.

I grunnmodellen er planlagt tidsbruk og kostnad overskredet. Representantene fra ePM argumenterte for at modellen skulle ligne mest mulig på planene før prosjektsannsynlighetene ble lagt til, for å lage en mest mulig realistisk modell. Da ville en kunne oppdage gjemt trykk og overbelastninger i de originale planene. Det andre argumentet deres var at nøkkelegenskapen til SimVision er å sammenligne scenarioer med hverandre, noe som krever en realistisk grunnmodell, selv om kostnadene og tidsbruken ikke stemmer fullstendig med planene.

Spesielt de tekniske kostnadene er modellert for høyt i modellen. Kostnadene var budsjettert til i underkant av 70 millioner kroner, men i modellen uten sannsynlighetene endte de på 83 millioner kroner. I grunnmodellen er kostnadene vokst til hele 103 millioner kroner, en økning på nesten 50% fra budsjettet.

Ved å øke prosjektsannsynlighetene øker mengden rework, koordinasjonstid og beslutningstid, som forventet etter figur 12, som igjen øker prosjektets varighet og kostnad. Hvis en velger å representere rework-koblingene som en prosentandel av det faktiske arbeidet, får en urealistisk store utslag for de største, sammenslåtte aktivitetene. Det gir store etterslep for de ansvarlige fagene, som ikke står i stil med det faktiske arbeidet de skal utføre. Å representere rework-koblingene med absoluttverdier fjerner forskjellen mellom de store og de mindre aktivitetene, og gir en mer realistisk fremstilling av arbeidet som må gjøres på nytt.

Resultatene fra å fjerne alle møtene i modellen var overraskende. Forfatteren forventet at det skulle føre til større mengder rework, koordinasjonstid og usikkerheter i prosjektet, men det motsatte skjedde. Når arbeiderne ikke må gå i møter får de mer tid til å jobbe med oppgavene sine, og posisjonene i prosjektorganisasjonen kan i større grad overvåke produksjonen.

Mange av møtene i et byggeprosjekt er arrangert for å diskutere andre temaer enn kun produksjon. Vernerunde er et slikt eksempel, hvor HMS-ansvarlig diskuterer potensielle farer og sikkerhetsbrudd med UE-ene. Møtetiden tar bort ren produksjonstid, men slike møter er svært sentrale for å bevare sikkerheten på byggeplassen. Hvis større ulykker skulle skje må muligens hele produksjonen stoppe opp. I programvaren er det ingen innstillinger som inkluderer tema for møtene, noe som gjør at en ikke kan simulere den fulle effekten av slike

møter. Informasjonen som deles i møtene er knyttet til å gjennomføre aktivitetene, og er ifølge forfatteren ikke en realistisk nok representasjon av virkeligheten, siden en ikke får med andre effekter av møtene, som for eksempel: Samhold, trivsel, eierskap til prosjektet og sikkerhet.

Til tross for små avvik i kostnader og tidsbruk, er grunnmodellen sett på som en god modell for prosjektplanene. Den største ulempen er effekten av møtene i modellen, som ifølge forfatteren ikke reflekterer realiteten godt nok. Det kan være at det er arrangert for mange møter, og at prosjektet ville tjent på at aktørene fikk konsentrere seg mer om aktivitetene sine, men at å fjerne alle møter skal påvirke produktiviteten i positiv retning er sett på som urealistisk. I tillegg er kostnadene knyttet til de tekniske fagene for høye. Grunnmodellen er for det om tatt med videre, og det er utviklet og simulert forskjellige scenarioer med bakgrunn i den.

6.4. Scenarioer

6.4.1. Modellering av scenarioer

Med utgangspunkt i grunnmodellen er det utledet scenarioer for å sammenligne effekter av forskjellige endringer. De valgte scenarioene konsentrerer seg i første omgang om hvordan valg av underentrepriseform påvirker prosjektets produktivitet. Videre er scenarioene konsentrert rundt hvordan inkludering, kommunikasjon og møtevirksomhet mellom de forskjellige aktørene i en totalunderentrepriser påvirker prosjektet. I tabell 19 er en beskrivelse av hvert scenario vist, mens i vedlegg D, er alle endringer utført i grunnmodellen beskrevet, inkludert forfatterens forventede påvirkning på prosjektet. De to første scenarioene har mest omfattende endringer, og var i utgangspunktet sett på som de mest interessante av forfatteren.

Tabell 19. Oversikt over scenarioer

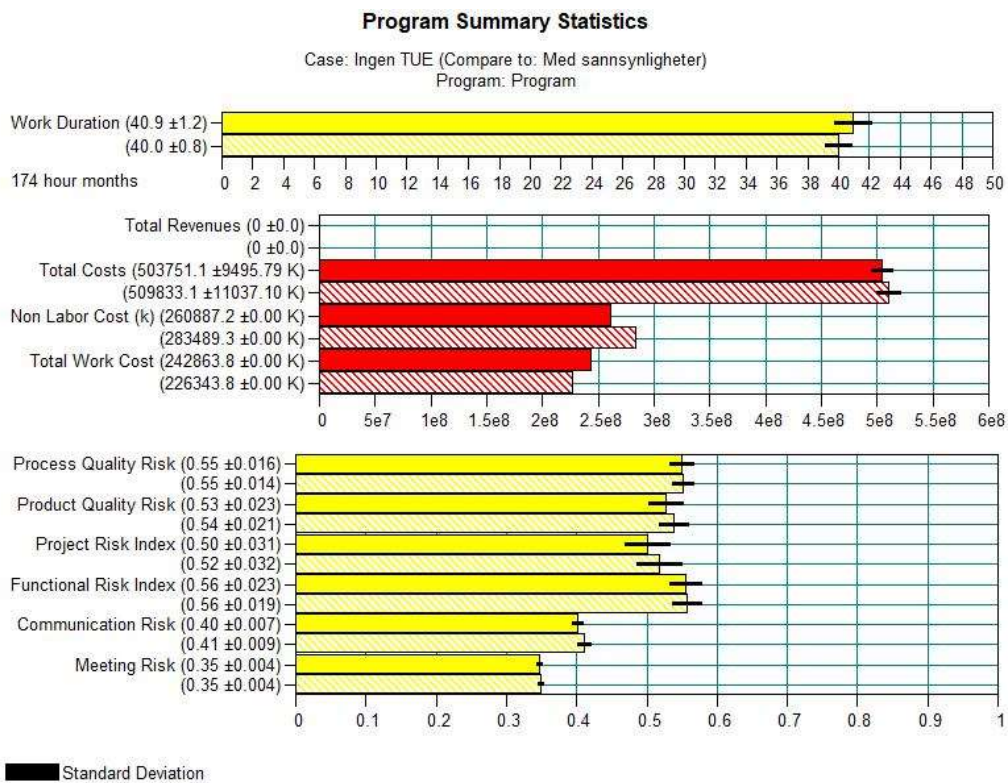
Scenario	Beskrivelse	Formål
1. Ingen TUE i prosjektet (Utgangspunkt i grunnmodellen)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alle rådgivere plasseres under prosjekteringslederen, og utførende under produksjonsleder og formenn i prosjektorganisasjonen. ▪ Kun rådgivere deltar i prosjekteringsmøtene. ▪ Prosjekteringsaktiviteter får større arbeidsvolum, siden de nå har ansvar for større del av prosjekteringen. ▪ Flere kommunikasjonskoblinger mellom prosjekteringsaktivitetene, 	<p>Oppdage effekter av å velge separat prosjekterende og utførende aktør.</p> <p>Undersøke endringer i kostnader og tidsbruk, og hvordan mengden koordinasjonstid og beslutningstid endrer seg.</p>

		<p>siden samarbeid mellom rådgiverne i større grad er TE sitt ansvar.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lage rework-koblinger mellom rådgivere og deres nye ansvarsområder. ▪ Kostnadene for fagene som har gått fra TUE til UE minkes siden risikopremien er fjernet, og daglige kostnader regnes om. 	
2.	Alle mulige fag valgt TUE. Kun innleide rådgivere som ikke deltar på møter (Utgangspunkt i grunnmodellen).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grunn- og utomhusarbeidet endret til totalunderentreprise. ▪ RIG er leid inn av TUE-grunn, og LARK innhentet av TUE anleggsgartner. ▪ Øker kostnadene på grunn av risikopremie. ▪ RIG overtar ansvaret for peleplanen. ▪ Fjerner kommunikasjonskoblinger i grunnarbeidet, og minker styrken på rework-koblingene her og i utomhusarbeidet. ▪ Kun TUE deltar i prosjekteringsmøtene, ikke rådgiverne. 	Undersøke effekter av å hovedsakelig velge totalunderentrepriser. Undersøke endringer i kostnader og tidsbruk, og hvordan mengden koordinasjonstid og beslutningstid endrer seg.
3.	TUEs rådgivere i prosjekteringsmøter (Utgangspunkt i scenario 2).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lar TUEs rådgivere delta i prosjekteringsmøter sammen med TUE. 	Se hvordan de prosjekterendes deltakelse på møter gjør utslag på prosjektet.
4.	Kun TUEs rådgivere deltar i prosjekteringsmøter (Utgangspunkt i scenario 3).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fjerner TUEs representant fra prosjekteringsmøter 	Undersøke om TUEs fravær fra møter gjør utslag på prosjektet.
5.	Fjern tekniske koordineringsmøter (Utgangspunkt i grunnmodell).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fjerner tekniske koordineringsmøter mellom TUE-ene fra de tekniske fagene og representantene fra prosjektorganisasjonen. 	Se om begrensning i de tekniske TUE-enes kommunikasjon påvirker prosjektet.
6.	Øk entreprenørenes deltakelse på møter (Utgangspunkt i grunnmodell)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Øker styrken på møtekoblingene for entreprenørene, slik at de deltar på flere møter med flere representanter. 	Undersøke hvordan større deltagelse i møter blant de utførende aktørene påvirker prosjektet.

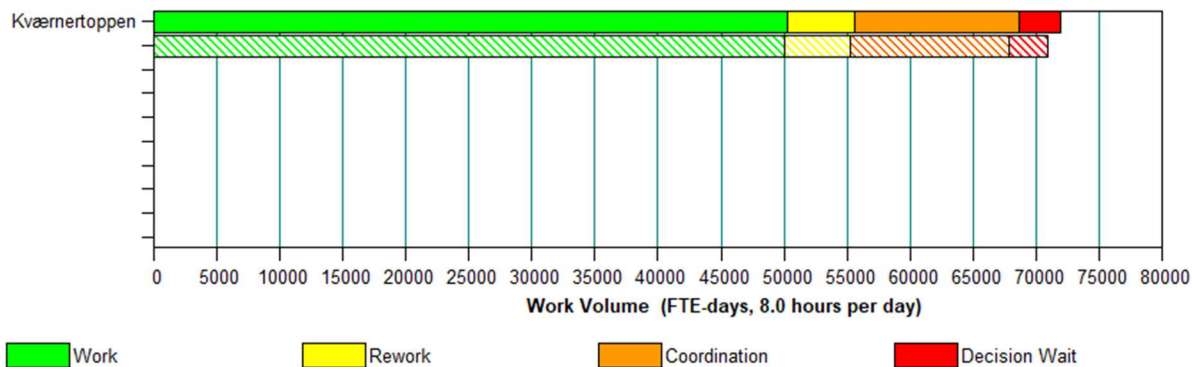
6.4.2. Resultater fra scenarier

6.4.2.1. Scenario 1 – Ingen TUE

Ved å dele TUE-ene fra grunnmodellen i separat prosjekterende og utførende, får man et seks millioner kroner billigere prosjekt som tar i underkant av en måned lenger å fullføre, som vist i figur 26. Mengden koordinasjons- og beslutningstid er gått opp i forhold til grunnmodellen, vist i figur 27. Risikoene knyttet til prosjektet er minimalt økt i scenario 1 i sammenlignet med grunnmodellen.



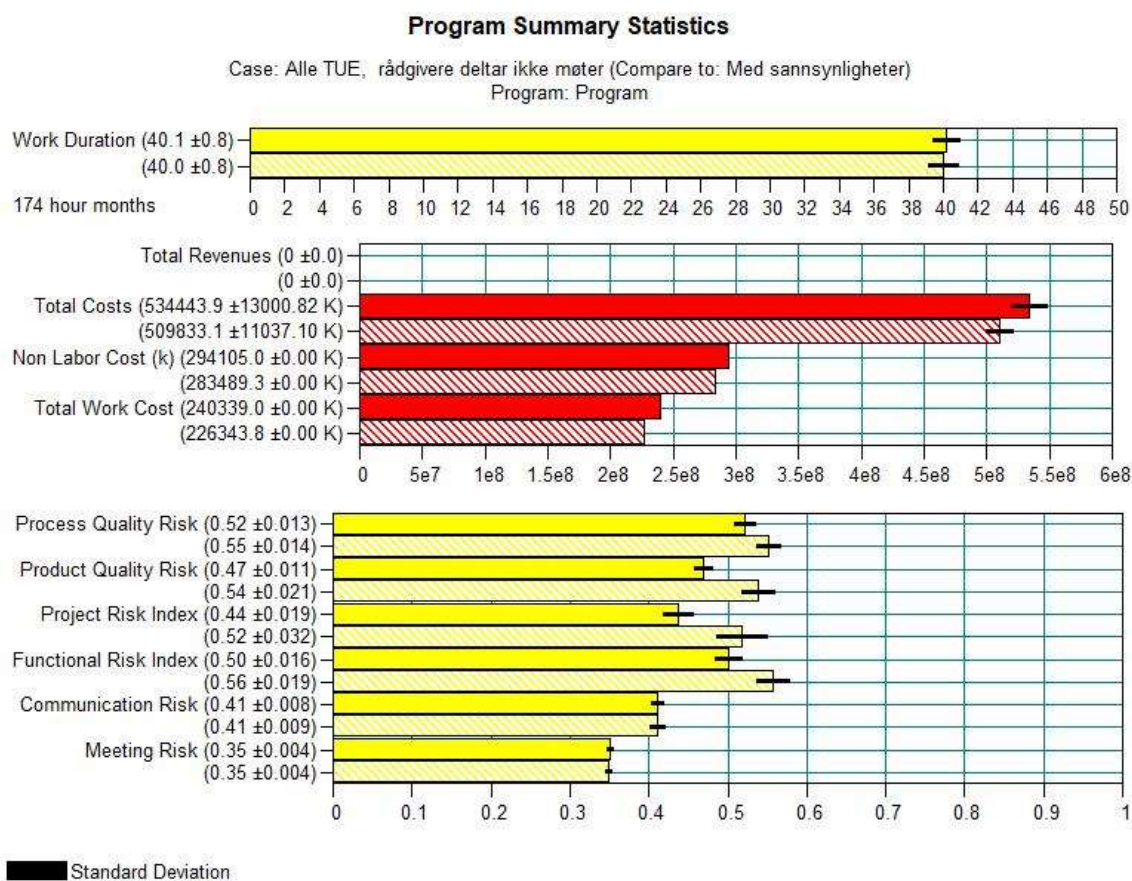
Figur 26. Sammenligning varighet og kostnad scenario 1 og grunnmodell.



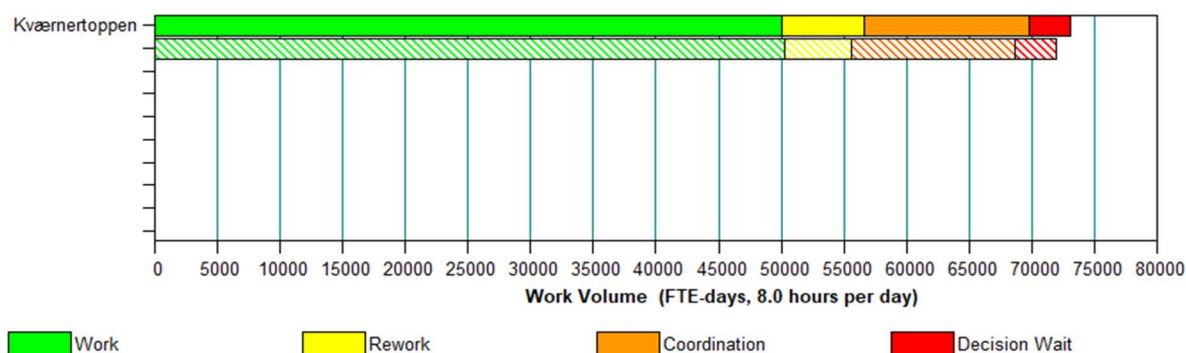
Figur 27. Sammenligning arbeidsvolum scenario 1 og grunnmodell.

6.4.2.2. Scenario 2 – Mulige fag valgt TUE. TUEs innleide rådgivere deltar ikke på møter.

Gjennom å legge til grunn- og utomhusarbeidet som totalunderentrepriser, får man et prosjekt som tar tilnærmet lik tid å gjennomføre som grunnmodellen, men koster 18 millioner mer. Samtidig er flere av risikoene, vist nederst i figur 28, gått ned i scenario 2 sammenlignet med grunnmodellen. Arbeidsvolumet, og spesielt mengden rework, i scenario 2 er høyere enn arbeidsvolumet i scenario 1, vist i figur 29, og dermed enda høyere enn for grunnmodellen.



Figur 28. Sammenligning varighet, kostnad og risiko mellom scenario 2 og grunnmodell.



Figur 29. Sammenligning arbeidsvolum mellom scenario 2 og scenario 1.

6.4.2.3. Scenario 3-6 Møtevirksomhet

Siden det er stilt spørsmålstegn til grunnmodellens evne til å simulere virkningene av møter, er resultatene fra scenarioene som omhandler møtevirksomhet kortet ned og slått sammen i tabell 20. I scenarioene der prosjektrisikoen ikke er nevnt er den holdt relativt stabil.

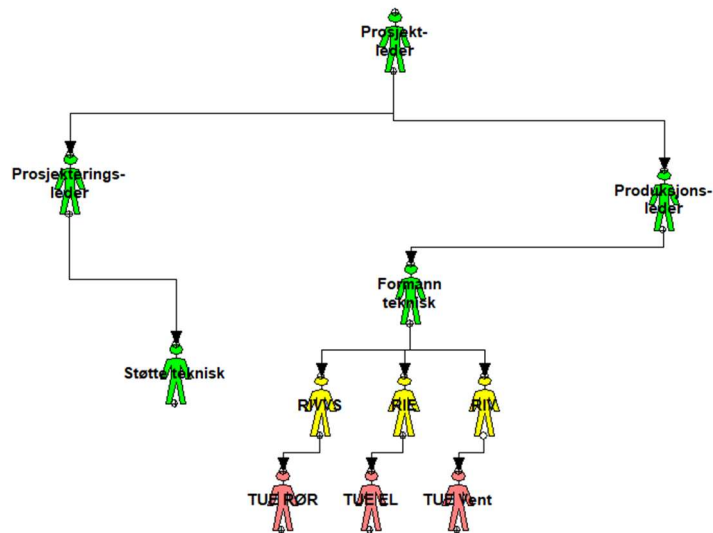
Tabell 20. Resultater scenario 3-6.

Scenario	Resultater
3. TUEs rådgivere i prosjekteringsmøter. (Utgangspunkt i scenario 2)	Resultatene er tilnærmet likt scenario 2. Varigheten og kostnader øker henholdsvis med dager og to millioner kroner. Prosjektrisikoen minner minimalt.
4. Kun TUEs rådgiver i prosjekteringsmøter. (Utgangspunkt i scenario 2)	Tilnærmet likt scenario 2 og 3. Ingen merkbar forskjell i prosjektorganisasjonens arbeidsmengde. Prosjektrisikoen øker minimalt.
5. Fjerner tekniske særmøter. (Utgangspunkt i grunnmodell)	Varigheten og kostnaden er tilnærmet uendret fra grunnmodellen. Arbeidsmengden til de tekniske posisjonene minner litt.
6. Øker entreprenørenes deltakelse på møter. (Utgangspunkt i grunnmodell)	Lønnskostnadene øker med seks millioner kroner, mens varigheten er uendret. Stor økning i mengden koordinasjonstid.

6.5. Grunnmodell – tekniske fag

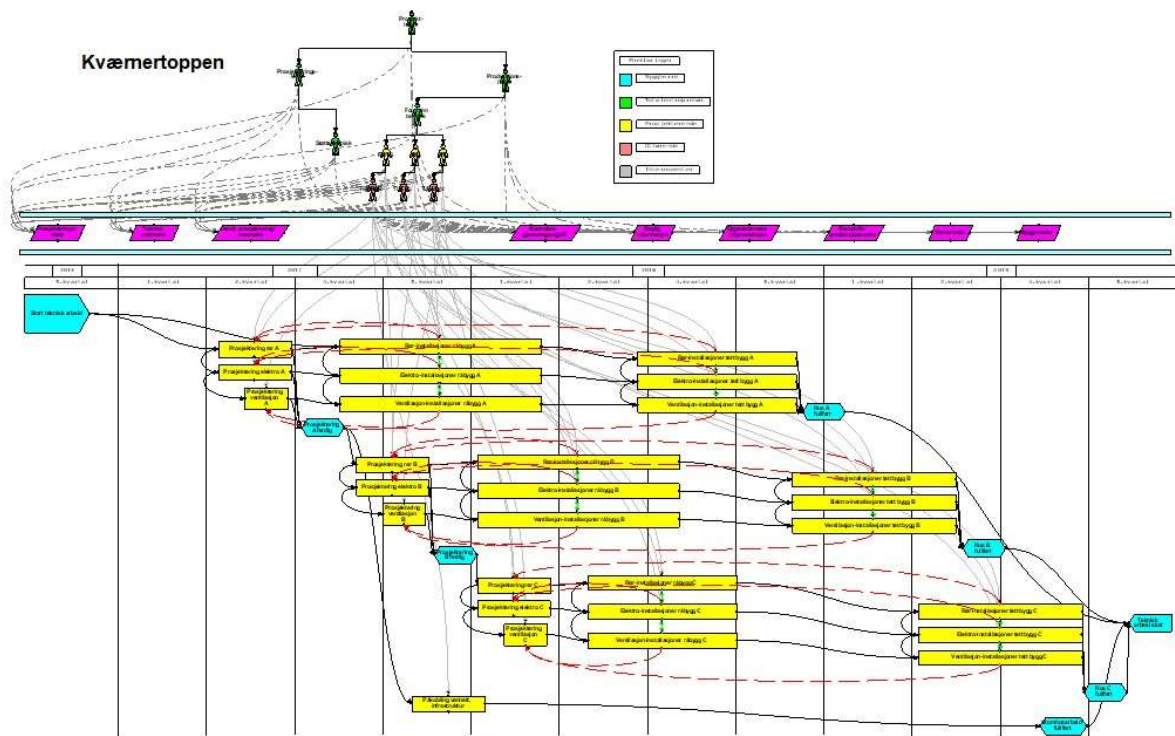
I et forsøk på å undersøke grundigere hvordan møtevirksomheten påvirker prosjektet, er det valgt å trekke ut de tekniske fagene fra grunnmodellen, og lage en ny modell hvor kun deres oppgaver er sett på. Fra intervjuene er det funnet at de tekniske fagene oftest er valgt TUE, noe som også gjør det interessant å simulere scenarioer for organiseringen av de tekniske underentreprisene, for å undersøke om resultatene av simuleringen underbygger et slikt valg.

Elementene i modellen er hentet ut fra den originale grunnmodellen, og aktivitetene som de tekniske entreprenørene har ansvaret for er beholdt. Rework-, kommunikasjons- og oppdragskoblinger er beholdt like. Avhengighetene mellom aktivitetene er endret slik at start- og sluttdato for de forskjellige aktivitetene tilsvarer den originale grunnmodellen mest mulig. Organisasjonen i modellen er kraftig krympet, og kun posisjonene fra TE som kommuniserer direkte med de tekniske UE-ene er tatt med. Organisasjonskart for modellen er vist i figur 30.



Figur 30. Organisasjon teknisk grunnmodell

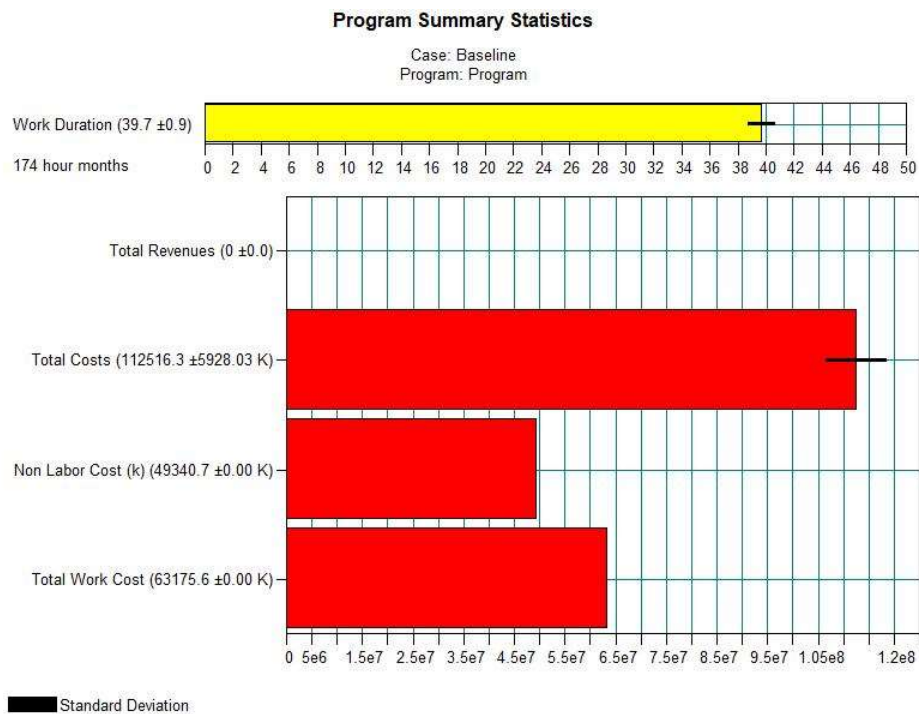
På samme måte for den originale grunnmodellen, er det utført en balansering av grunnmodellen for de tekniske fagene. I vedlegg N er endringer som er gjort og resultatene fra dem vist. I figur 31 er den tekniske grunnmodellen vist, og i vedlegg O er en mer leselig versjon.



Figur 31. Teknisk grunnmodell

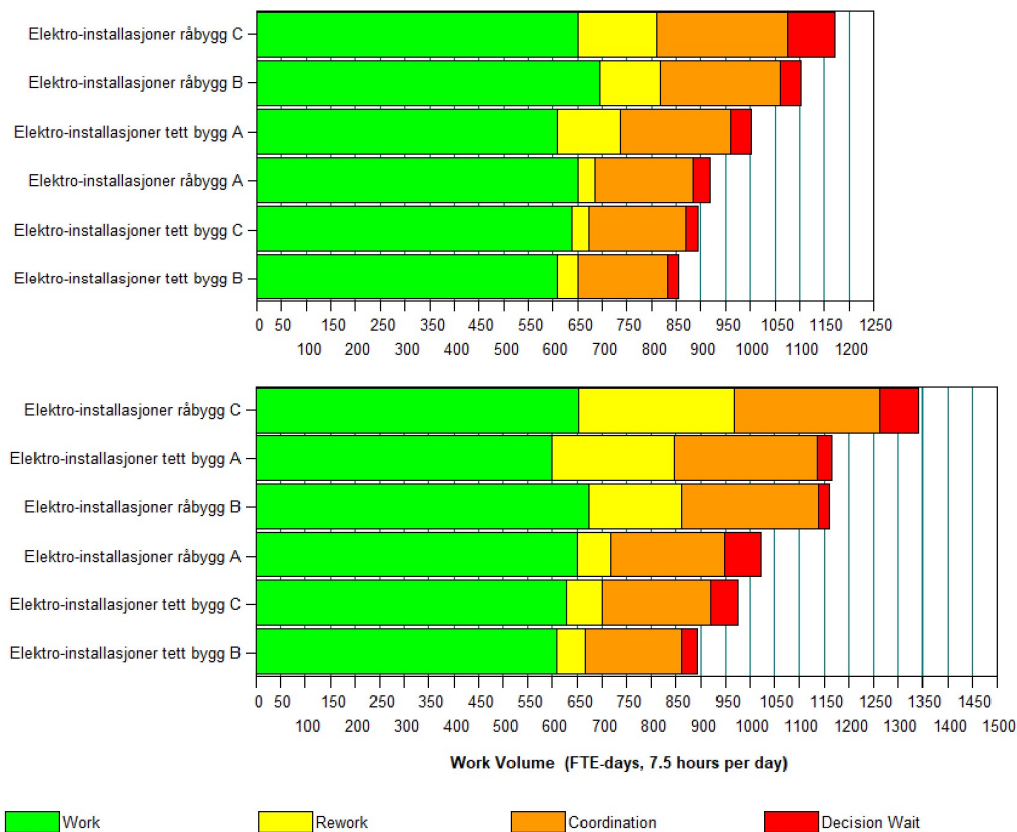
6.5.1. Resultater og vurdering av Grunnmodell – tekniske fag

De siste aktivitetene til de tekniske fagene er fullført i slutten av november, noe som samsvarer med den originale grunnmodellen. I modellen ender kostnadene for de tekniske fagene på 111 millioner kroner, vist i figur 32, rundt 10 millioner mer enn i grunnmodellen. Det er rimelig å anta at den økte kostnaden kommer av lønnen til delen av prosjektledelsen som er inkludert i modellen.



Figur 32. Varighet og kostnader for grunnmodellen med de tekniske fagene.

Arbeidsmengden for de forskjellige aktivitetene har økt i stor grad sammenlignet med den originale modellen, noe som også kan forklare deler av den økte kostnaden. Ingen av prosjektinnstillingene eller sannsynlighetene er endret, noe som gjør det vanskelig å forstå hvorfor arbeidsmengden øker. Det er hovedsakelig mengden rework og koordinasjonstid som har økt. Selv gjennom samtaler med representantene fra ePM, er det ikke funnet bakgrunnen til forskjellene. Sammenligning av arbeidsmengden for elektro-arbeidet i de to modellene er vist i figur 33, hvor arbeidsmengden fra den originale grunnmodellen er øverst og den tekniske grunnmodellen nederst.



Figur 33. Sammenligning av arbeidsmengde for elektroarbeid mellom original grunnmodell og teknisk grunnmodell.

Fra balanseringen av modellen ser man at ved å senke SFF og SPF til 0,025, får man en arbeidsmengde som ligner mer på den originale modellen. Det er for det om valgt å gå videre med de overnevnte sannsynlighetene til 0,05 ved utviklingen av nye scenarioer, siden en slik endring i stor grad minker prosjektets varighet og kostnad. Et annet balanseringsscenario gikk ut på å fjerne overflødige møter, hvor det hadde vært flere deltagere tidligere, men nå kun var de tekniske UE-ene igjen. Ved å fjerne dem, ønsker en å oppnå et mer realistisk sammenligningsgrunnlag, og hindre at posisjonene har mer formell kommunikasjon i modellen enn i realiteten. Samtidig øker det deres disponible arbeidstid til å utføre aktivitetene sine. Det gav en nedgang i varighet og kostnad på henholdsvis tre uker og tre millioner. Det er valgt å fjerne de overflødige møtene i den tekniske grunnmodellen i det videre arbeidet.

Alle møtene er fjernet i et tredje balanseringsscenario. Som for den originale grunnmodellen minker både kostnader og varigheten i prosjektet ved å ta bort møtene, og igjen er det av forfatteren sett på som et urealistisk resultat. Resultatene fra det siste balanseringsscenarioene er vist i vedlegg N, og det har ikke ledet til endringer i den tekniske grunnmodellen.

Reliabiliteten til grunnmodellen og resultatene er sett på som noe lavere enn for den originale grunnmodellen. Selv om fagene og posisjonene er modellerte på samme måte som i den originale grunnmodellen, mister man virkningen av en del elementer ved å fjerne flere av posisjonene og aktivitetene. Den tekniske grunnmodellen er likevel brukt til å utlede scenarier for å undersøke hvordan valg av underentrepriser påvirker prosjektets ytelse.

6.6. Scenarier – tekniske fag

Formålet med de første tekniske scenariene er å undersøke noen av de samme temaene som ble undersøkt med utgangspunkt i den originale grunnmodellen, men for færre fag. Det dreier seg om valg av underentrepriser, betydningen av at prosjekterende deltar i prosjekteringsmøter, og betydningen av å arrangere tekniske særmøter. For å virkelig få frem betydningen av møter, er noen av møtene fra den originale grunnmodellen fjernet i alle scenariene. Siden mange av de originale posisjonene er tatt bort, var det kun de tekniske utførende aktørene som deltok i noen av møtene, som ikke gjenspeiler virkeligheten. Posisjonene vil da få litt mer ledig tid til å utføre arbeid på, noe en må være observant på.

Fra intervjuene med representantene fra norske TE-er, er det forstått slik at de fleste TE-ene ønsker å velge totalunderentrepriser for de tekniske fagene. Informantene har gode erfaringer med en slik inndeling, og prosjektledelsen er vant til å arbeide med slike aktører. Derfor er det i scenario 4 og 5 valgt å gjøre grovere antagelser knyttet til organisasjonskulturen for henholdsvis tekniske totalunderentrepriser og delte tekniske underentrepriser. Oversikt over alle tekniske scenariene er vist i tabell 21, og teknisk scenarioplan er vist i vedlegg P.

Tabell 21. Oversikt over tekniske scenarier.

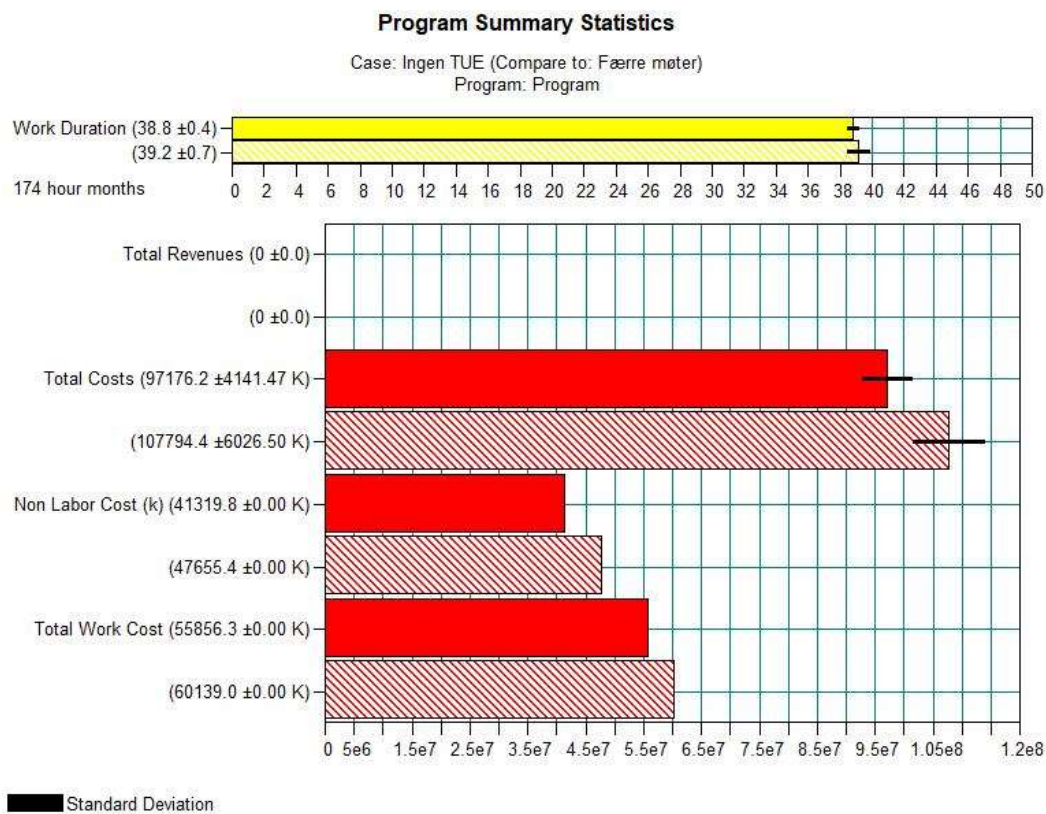
Teknisk scenario	Beskrivelse	Formål
1. Ingen TUE i prosjektet (Utgangspunkt i teknisk grunnmodell med færre møter).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tekniske rådgivere er plassert under prosjekteringsleder, mens UE er bevart under formann og produksjonsleder. ▪ UE deltar ikke på prosjekteringsmøter og detaljprosjektering. ▪ Flere kommunikasjonskoblinger mellom prosjekteringsaktivitetene, siden samarbeid mellom rådgiverne i større grad er TE sitt ansvar. 	Oppdage effekter av å velge separat prosjekterende og utførende aktør for de tekniske fagene.

2. TUEs rådgivere deltar ikke på prosjekteringsmøter (Utgangspunkt i teknisk grunnmodell med færre møter).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ TUEs rådgivere deltar ikke i prosjekteringsmøter sammen med TUE. 	Undersøke om de prosjekterendes deltakelse på møter gjør utslag på prosjektet.
3. Fjern tekniske særmøter (Utgangspunkt i teknisk grunnmodell med færre møter).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fjerner tekniske særmøter mellom TUE-ene fra de tekniske fagene og representantene fra prosjektorganisasjonen. 	Se om begrensning i de tekniske TUE-enes kommunikasjon påvirker prosjektet.
4. Grovere antagelser for organisasjonskultur i totalunderentrepriser (Utgangspunkt i teknisk grunnmodell med færre møter).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anta at prosjektledelsen har erfaring med å jobbe med TUE for de tekniske fagene, og valgt kjente aktører. Lagserfaring valgt høy. ▪ Anta at TUE-ene har stor frihet til å ta egne beslutninger. Sentralisering valgt lav. 	Undersøke hvordan grovere antagelser knyttet til tekniske totalunderentrepriser påvirker prosjektet.
5. Grovere antagelser for organisasjonskultur i delte underentrepriser (Utgangspunkt i teknisk scenario 1).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anta at prosjektledelsen ikke er vant til å jobbe med delte tekniske underentrepriser. Lagserfaring valgt lav. ▪ Anta at prosjektledelsen må løse størsteparten av utfordringene som dukker opp. Sentralisering valgt høy. 	Undersøke hvordan grovere antagelser knyttet til delte tekniske underentrepriser påvirker prosjektet.

6.6.1. Resultater fra tekniske scenarioer

6.6.1.1. Teknisk scenario 1-3

Valget om å dele prosjektering og produksjon av de tekniske fagene har, ifølge teknisk scenario 1, en positiv effekt på kostnaden til prosjektet, vist i figur 34. Her ser man at kostnadene er gått ned ti millioner kroner, mens varigheten er holdt relativt stabil. Det er ingen tegn til økning av prosjektledelsens belastning, eller økning i risiko knyttet til produkt og funksjonalitet. Ved å hindre de tekniske prosjekterende aktørene å delta i prosjekteringsmøter ved valg av totalunderentreprise, som i teknisk scenario 2, påvirkes ikke ytelsen til prosjektet. Å fjerne de tekniske særmøtene, som i teknisk scenario 3, endrer verken kostnaden eller varigheten til prosjektet nevneverdig.



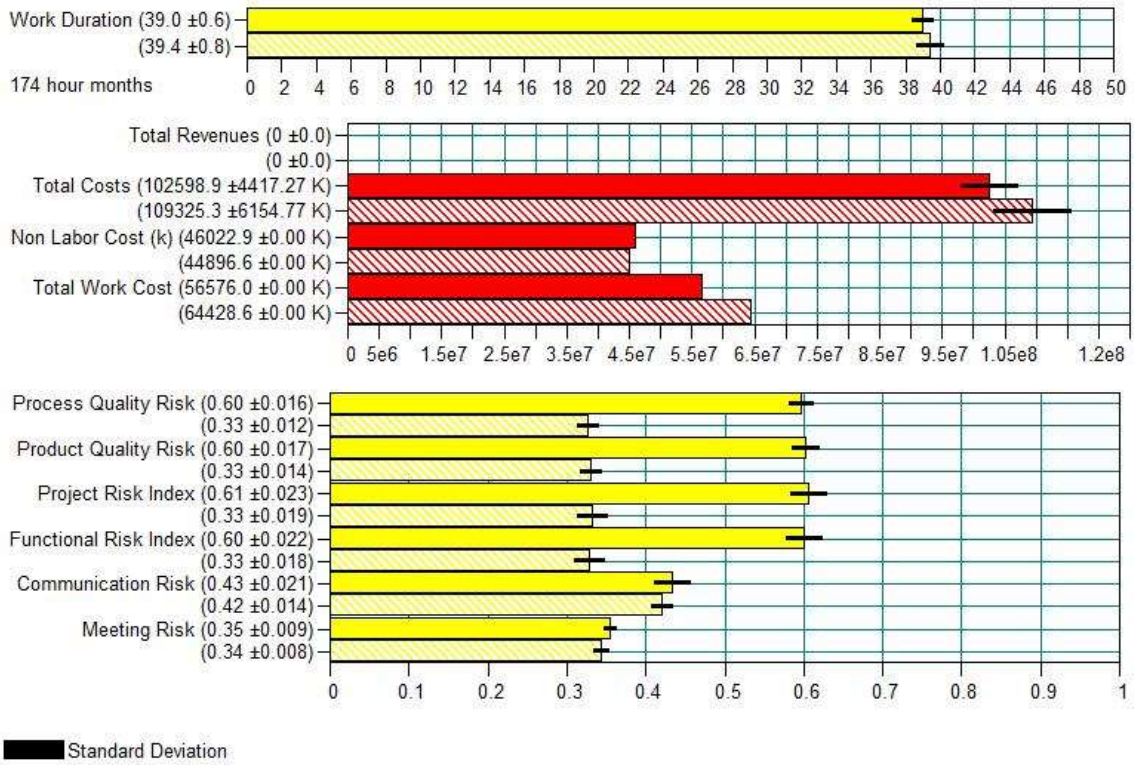
Figur 34. Sammenligning av teknisk scenario 1 og teknisk grunnmodell med færre møter.

6.6.1.2. Teknisk scenario 4 og 5 – Grove antagelser for organisasjonskultur

Ved å gjøre grovere antagelser knyttet til organisasjonskulturen ved valg av de forskjellige underentrepriseformene for de tekniske fagene, får man et annet resultat enn i teknisk scenario 1. I figur 35, ser man at både kostnadene og varigheten til prosjektet har gått ned ved valg av totalunderentrepriser istedenfor å dele opp prosjektering og produksjon. Derimot er risikoen knyttet til kvaliteten til prosessen, produktet og prosjektet i seg selv nesten doblet ved bruk av totalunderentrepriser. Mengden rework, koordinasjons- og beslutningstid er høyere for de delte tekniske entreprisene i teknisk scenario 5 enn for teknisk scenario 4.

Program Summary Statistics

Case: TUE grovere antagelser (Compare to: Ingen TUE grovere antagelser)
 Program: Program



Figur 35. Sammenligning mellom teknisk scenario 4 og teknisk scenario 5

7 Diskusjon og analyse

I dette kapittelet er teori, resultater fra intervjuene, simuleringene i SimVision, og forfatterens erfaringer diskutert mot hverandre og opp mot forskningsspørsmålene. Drøftingen av forskningsspørsmålene er gjort i kronologisk rekkefølge fra spørsmål 1 til 4. Forskningsspørsmål 1 knytter seg til generelle muligheter og utfordringer ved bruken av SimVision, mens forskningsspørsmål 4 i større grad tar for seg resultatene fra simuleringene.

7.1. Muligheter og utfordringer ved å simulere et byggeprosjekt i SimVision

SimVision er beskrevet som et aktuelt og nyttig verktøy, og programvaren skal være mulig å bruke i alle sektorer for prosjektorientert arbeid, uavhengig av produkt og prosess (Kooy, 2012). Utfordringen er da å beskrive prosjektet på en presis og detaljert nok måte, slik at det reelle prosjektet er gjenspeilet og resultatene blir gyldige.

Flere av innstillingene i SimVision kan kun settes til lav, medium eller høy, en grov inndeling av viktige parametere i modellene. Noen vil påstå at egenskaper som lagserfaring og grad av formalisering i prosjektet hadde vært bedre representert gjennom å definere egenskapene som en prosentandel. Det er naturlig å tro at større intervaller med mer spesifikke verdier for innstillingene, gir mer presise modeller og resultater, men ePM (2004) avviser denne påstanden og sier at det er en grunnleggende misforståelse av datasimuleringer av stokastiske prosesser, altså menneskelig oppførsel. Kompleksiteten til interaksjonene mellom mennesker gjør effekten av slike spesifikasjoner neglisjerbare, og en oppnår høyere pålitelighet gjennom de generaliserte variablene (ePM, 2004).

Innenfor byggesektoren er SimVision tiltenkt å være et verktøy under VDC-metodikken med hovedfokus på organisasjon, men også prosess. Gjennom virtuelle modeller avdekker verktøyet mulige fallgruver og kompleksitet i prosjektet (Garcia *et al.*, 2004). I tillegg gir SimVision brukeren mulighet til å undersøke nye løsninger og sammenligne dem med de originale planene.

For å lage en presis modell av et byggeprosjekt trenger man mye kunnskap knyttet til prosesser i bransjen og det faktiske prosjektet som blir modellert. Hvis ikke modellereren innehar relevant kunnskapen er det en fare for at feilaktige antagelser blir gjort. Programvaren er tidkrevende å lære seg, og ikke alle deler av programmet er like intuitive. Hvis en skal bruke verktøyet i reelle

prosjekter må én i prosjektgruppen, med tilstrekkelig kunnskap om prosjektet, bruke betydelig tid på å lære seg programmet og å modellere.

Programmet er likevel sett på som relativt intuitivt og enkelt å bruke av forfatteren. Å konstruere en modell med de mest grunnleggende elementene er lettvinnt. Det er når en skal definere viktige innstillinger og balansere modellen at kompleksiteten øker kraftig. Mye av utfordringene er knyttet til å forstå sammenhengen mellom de forskjellige innstillingene, og tolke resultatene slik at en kan gjøre utbedringer i modellen. Grove antagelser har vært nødvendig av forfatteren for å modellere Kværnertoppen i programmet, noe som skaper usikkerhet rundt påliteligheten til resultatene og deres relevans for problemstillingene.

Ifølge representantene fra ePM kan SimVision brukes til å modellere de aller fleste scenarioene på byggeprosjekter, til en viss grad. I både den originale og tekniske grunnmodellen møtte forfatteren utfordringer knyttet til møtevirksomheten i programmet. Møtene er ifølge ePMs representanter «dumme», i den forstand at en ikke kan definere et spesielt tema for møtene, og at all informasjon som er nødvendig blir diskutert og forstått av deltakerne, gitt at møtet varer lenge nok. En slik definisjon kan by på utfordringer hvis en skal undersøke effekter av temaer som ikke er knyttet direkte opp mot produksjon, som for eksempel HMS, trivsel, eierskap til prosjektet, og lignende. På den andre siden, gir møtene i programvaren et godt bilde på hvor mye tid de forskjellige aktørene bruker til annet arbeid enn ren produksjon, og kan si noe om hvor mye formell kommunikasjon som er nødvendig i prosjekter.

Forfatteren opplevde ved flere anledninger at programvaren slo seg av uten forvarsel. Programvare var ifølge representantene fra ePM ikke helt kompatibelt med det norske operativsystemet på forfatterens PC, og dermed forsvant muligheten til å endre datoer og legge til ferier i modell-kalenderen. Representantene var svært villige til å veilede og finne løsninger på problemene som oppstod, men feilene økte tidsbruken knyttet til modelleringen betydelig.

Programvaren er tidligere validert gjennom modellering av annet prosjektarbeid (Ibrahim og Nissen, 2004; Kooy, 2012; Kam og Fischer, 2004), hvor modellene og figurene som kommer ut som resultater av simuleringsprosessen er sett på som tydelige og forståelige. Forfatteren understreker at resultatene er enkle og forstå og at muligheten til å sammenligne de forskjellige scenarioene er en egenskap som løfter funksjonaliteten til programvaren.

7.2. Totalentreprenørers kontrahering av underentreprenører

For store prosjekter har TE ofte behov for å hente inn rådgivere til å regne på tilbudsgrunnlaget fra BH før anbudet er vunnet. Noen ganger blir rådgiverne tatt med videre i prosjektet, men det er vanlig å hente inn tilbud fra flere før entreprenørene kontraherer. Prosjektlederen fra AF Nybygg ytret et ønske om at prosjektlederen burde være med i den tidlige prosessen. Det fører til mer kontinuitet i arbeidsgruppen og et sterkere samhold, men at det er vanskelig å få til, da prosjektlederne ofte er opptatt i andre prosjekter. Tidlig involvering og kontinuitet i arbeidsgruppen er også sett på som en fordel av Lædre (2009).

I de fleste prosjekter er det vanlig at arkitekten blir tiltransportert TE fra BH (Østby-Deglum, Svalestuen og Drevland, 2013). To av intervjuobjektene påpekte at også viktige rådgivere kunne bli tiltransportert på samme måte, noe som både kan ha fordeler og ulemper. Hvis TE heller kan kontrahere rådgivere som de er vant til å jobbe med eller som TE vet har erfaringer med løsningene de er ute etter, kan tiltransporterte rådgivere være en ulempe. Samtidig kan et slikt valg være en trygghet for BH, og TE kan spare tid på at nye rådgivere må sette seg inn i prosjektet.

Samtlige av intervjuobjektene fortalte at det var en fordel om noen i prosjektgruppen hadde jobbet med noen av de aktuelle UE-ene tidligere. I kontraheringsfasen tar prosjektgruppen direkte kontakt med kjente aktører som de ønsker å ha med seg i prosjektet, men det hender at TE blir kontaktet av UE-er som er interessert i å gjøre en del av jobben. For prosjektlederen fra AF Nybygg var det sentralt at det er personene man har jobbet med tidligere som er det viktigste, ikke nødvendigvis bedriften. Prosjektlederen i Veidekke mente derimot at det var viktig å tørre og ta inn nye aktører i varmen så lenge firmaet er egnet og prisen er god, men Lædre (2009) påpeker at valget også avhenger av situasjonen i markedet. Gjennom å jobbe med kjente aktører er det rimelig å anta at TE tar mindre risiko, samtidig som hen kan gå glipp av muligheten til å øke profitten.

Intervjuobjektene fortalte at prosjektlederen har tilnærmet full frihet til å hente inn de aktørene hen ønsker, utenom arkitekten, og Østby-Deglum, Svalestuen og Drevland (2013) påpeker at prosjekteringsleder ofte får ansvaret for å organisere prosjekteringsgruppen. Kontraktstrategien til NCC er derimot annerledes. Her kommer en innkjøpsgruppe sentralt i bedriften med sterke anbefalinger på hvem de vil ha med i prosjektet, selv om prosjektlederen også her har det siste

ordet. Løsningen til NCC kan i større grad sikre at en ikke tar inn UE-er som andre i bedriften har hatt dårligere erfaringer med tidligere, noe de andre TE-ene løser gjennom erfaringsmøter og samtaler. En sentral innkjøpsgruppe kan ha bedre forutsetninger for å regne på tilbudsgrunnlagene fra UE-er, spesielt for fag som prosjektgruppen ikke har tilstrekkelig kompetanse i. Usikkerheten rundt en slik organisering er hvis valg av UE går på bekostning av gode relasjoner mellom TE og UE, slik at prosjektet likevel blir mindre produktivt.

Informantene fra NCC ytret et ønske om å ha faste samarbeidspartnere for de forskjellige fagene i de forskjellige byene de opererer i, noe som ligner på partnerskapsfilosofiene nevnt av Eom, Yun og Paek (2008). En av utfordringene ved å ha faste samarbeidspartnere oppstår hvis ikke UE-ene kan levere til markedspris eller har kapasitet til å ta jobben. I tillegg kan andre bedrifter gjøre teknologiske fremskritt som TE i mindre grad får dra fordeler av hvis hen låser seg til de faste aktørene. Flere av de andre intervjuobjektene uttrykte også et ønske om mer samarbeid mellom aktørene i prosjekter, og at man i dag i større grad er opptatt av å jobbe mot et felles mål enn tidligere.

7.3. Totalunderentreprise eller delte underentrepriser?

Intervjuobjektene vektla, på samme måte som Lædre (2009), et ønske om å fordele risiko bort fra seg selv ved bruk av totalunderentrepriser. Der prosjektlederen fra Vedal mente det var mulig å tjene økonomisk på oppdeling av prosjektering og produksjon, noe litteraturen også støtter (Lædre, 2009), ville prosjektlederen fra Veidekke ha flest mulig av de store fagene over på totalunderentrepriser. Et lignende ønske er delvis støttet opp av de andre intervjuobjektene, og NCCs representanter mente færre kontrakter gir færre involverte ledd og bedre gjennomføring. Hvilken inndeling man velger avhenger, ifølge prosjektlederne i Kruse Smith, av hvilken kompetanse som er til stede i prosjektgruppen.

Ett av argumentene for totalunderentrepriser er at prosjektgruppen ofte ikke har kapasitet eller kunnskap til å håndtere det fulle ansvaret for samtlige fag på en god nok måte. Cappelen (1994) påpeker at med mange aktører i prosjektet, vil det oppstå mange grensesnitt, og for å håndtere en slik situasjon er det nødvendig med en stor prosjektgruppe. Det er også den generelle oppfatningen blant informantene. I tillegg la informantene vekt på at de innleide firmaene ofte kan fagene best, og derfor er de best egnet til å stå for prosjekteringen.

Tidligere studier (Østby-Deglum, Svalestuen og Drevland, 2013; Haugen, 2011) og informantene forteller at en først og fremst kontraherer TUE for de tekniske fagene. På samme måte som Frøystad sin studie (2014), fortalte prosjektlederen fra Vedal og representantene fra NCC at erfaringene med oppdelte tekniske underentrepriser er dårlige, og at kunnskapsnivået rundt de fagene ofte er lave i prosjektgrupper. Prosjektlederne fra Kruse Smith kunne tenkt seg til å velge delte underentrepriser for de tekniske fagene hvis riktig kompetanse var til stede, noe som ikke var aktuelt for prosjektlederen i Veidekke siden hen ikke ønsker påfølgende risiko.

Intervjuobjektene opplyste også om at totalunderentrepriser er vanlig for råbygg, fasader og mindre arbeid som heis og rekkverk. I motsetning til de tekniske fagene er kunnskapsnivået knyttet til råbygget ofte høyt i prosjektgruppen. Prosjektlederen til Vedal advarte mot å dele opp arbeidet med råbygget for mye, siden en da kunne ende opp med svært mange rådgivere og kommunikasjonsledd, som igjen åpner for mange grensesnitt. Valg av TUE for råbygget avhenger dermed av størrelsen på prosjektet.

Prosjektleder 2 fra Kruse Smith påpekte en usikkerhet knyttet til at TUE-er med innleide prosjekterende og underleverandører ønsker å begrense deres arbeid for å spare mest mulig midler. Cappelen (1994) sier at en gjensidig tillitt mellom partene er viktig for å unngå slike problemer. Et av intervjuobjektene påpekte på samme måte som Lædre (2009) at ved å kontrahere TUE-er blir erfaringer og kunnskap tilegnet gjennom prosjektarbeidet i større grad lagret innad i deres organisasjon, og ikke delt med TE.

7.4. Underentreprisevalgets påvirkning på prosjektets utfall

7.4.1. Analyse av simuleringsresultater fra original grunnmodell

Ved å splitte opp arbeidet for den prosjekterende og utførende, får en ifølge scenario 1 et billigere prosjekt som varer en måned lenger. Risikopremien for TUE-ene er fjernet, noe som kan forklare kostnadsendringen. Nedgangen er relativt liten, kanskje fordi prosjektkostnaden øker i takt med at prosjektet varer lenger. Arbeidsmengden har i liten grad økt fra grunnmodellen til scenario 1, noe som var forventet av forfatteren siden kommunikasjonskanalen mellom rådgivere og utførende ble lenger. Mengden har ikke økt mye, noe som tyder på at arbeidsbelastningen på ledelsen ikke er for omfattende i grunnmodellen.

Når de mulige UE-ene er omgjort til TUE-er, i scenario 2, er varigheten holdt stabil, mens kostnadene til prosjektet øker betraktelig. Økning i kostnader er ikke overraskende, siden det er lagt inn en risikopremie for TUE-ene. Forfatteren antok at en mer direkte kommunikasjonslinje ville gi mindre arbeidsmengde, og igjen minke varigheten. I stedet har mengden rework økt betydelig, selv om styrken på noen rework-koblinger er minket. Økt mengde rework kan da komme av organiseringen som gir økt belastning på noen av formennene og produksjonsleder, eller at TUE-ene tar beslutninger uten å koordinere grundig nok med prosjektledelsen og andre posisjoner. I programmet er TUE-ene valgt til ST, en rolle som har mest fokus på produksjon, ikke kvalitet. Større ansvar til slike roller i modellen kan være noe av grunnen til at mengden rework har økt betraktelig.

Scenario 3-6 omhandlet endringer i møtevirksomheten i prosjektet, noe som etter balanseringen av grunnmodellen, er vurdert til å ha stor usikkerhet knyttet til seg. Endringene på møtene gav små utslag på det totale prosjektet, og det er usikkerhet knyttet til påliteligheten og validiteten til resultatene. En mulig antagelse er at mindre endringer, slik som i disse scenarioene, ikke påvirker prosjektet i stor nok grad til å gjøre utslag på det totale prosjektet.

7.4.2. Analyse av simuleringresultater fra teknisk grunnmodell

Simuleringen av kun de tekniske fagene gir ikke spesielt store utslag for de første tre scenarioene. Det faktum at valget av TUE-er er dyrere enn bruk av delte underentrepriser, i teknisk scenario 1, er ikke overraskende, siden TE betaler risikopremie. I det scenarioet er det noe overraskende for forfatteren at valget av delte underentrepriser tar kortere tid enn bruken av TUE-er. En mulig forklaring kan være at prosjekteringslederen, som i et vanlig prosjekt har mange aktører som svarer til seg, i dette tilfellet kun har de tre tekniske rådgiverne å forholde seg til, noe som begrenser beslutnings- og koordineringstiden til posisjonene.

Teknisk scenario 2 og 3, som angår møtedeltakelse, gir svært små utslag på prosjektets ytelse. Det virker på forfatteren som at posisjonene møtes ofte nok i andre møter og at kommunikasjonen innad i prosjekthierarkiet er sterk, slik at endringene som er gjort i scenarioene spiller liten rolle for posisjonenes kommunikasjon. Det er også noe usikkerhet knyttet til møtene i den tekniske modellen, på samme måte som for den originale modellen.

Ved å gjøre grovere antagelser mellom bruken av TUE og UE, resulterer prosjektet på en annerledes måte enn for den første sammenligningen (teknisk grunnmodell og scenario 1). Her er valget av TUE både billigere og tar kortere tid, men risikoen knyttet til kvalitet, prosess og

funksjonalitet er mye høyere. TE gir fra seg store deler av ansvaret for valg og løsninger, og har mindre makt underveis i prosjektet til å ta beslutninger, som fjerner mye koordinasjons- og beslutningstid i prosjektet. Det står i kontrast til teknisk scenario 5, hvor en større del av utfordringene skal drøftes med ledelsen, siden sentraliseringen er valgt lav, og en får økt mengde koordinasjons- og beslutningstid.

En stor ulempe ved den tekniske grunnmodellen er at prosjekteringslederen ikke har noen rådgivere som rapporterer til hen. Når de tekniske rådgiverne blir lagt til under prosjekteringsleder i scenario 1, vil hen ha mye kapasitet til å håndtere deres forespørsler, sammenlignet med om hen måtte svare de andre rådgiverne også. Formannen for de tekniske fagene på den andre siden, har tilnærmet den samme belastningen i de tekniske modellene som i de originale modellene. Under balanseringen av den tekniske grunnmodellen ble det gjort forsøk hvor prosjektledelsens arbeidskapasitet ble satt ned, uten at det gav noen effekt. Da kan det heller tyde på at informasjonen må gjennom flere ledd i modellene med tekniske TUE-er, som leder til den minkede produktiviteten.

7.4.3. Drøfting av funn fra simuleringer, intervjuer og teori

I kapittel 3 er det forklart at en kan spare penger ved å dele opp underentrepriser i prosjektering og produksjon, siden en da unngår å betale risikopremie (Lædre, 2009). Intervjuobjektene mener at en slik oppdeling ikke er fornuftig for alle fag, siden en mangler den riktige kompetansen og nok kapasitet i prosjektgruppen til å håndtere fagene. Resultatene fra simuleringen av den originale grunnmodellen i SimVision støtter delvis begge påstandene. I scenario 1, hvor ingen av UE-ene er TUE-er, koster prosjektet tilnærmet seks millioner mindre, men prosjektet tar nesten en måned lenger å gjennomføre. På den ene siden er kostnadene minket siden risikopremien til TUE-ene er fjernet, men på den andre siden varer prosjektet lenger, noe som minker fortjenesten.

I scenario 2, hvor de mulige UE-ene er representerte som TUE-er, har kostnaden økt med 18 millioner kroner sammenlignet med grunnmodellen, mens prosjektets varighet er tilnærmet uendret. Kostnadsøkningen kan skyldes risikopremier, men også det faktum at arbeidsvolumet har økt i scenario 2 sammenlignet med grunnmodellen. Risikoene knyttet til prosjektet har derimot gått betydelig ned ved å velge en større andel TUE-er, noe som tilsvarer funn fra både intervjuer og litteratur (Lædre, 2009).

Slik som modellen er bygget opp, gir scenario 2 mye mer rework enn scenario 1. Med bakgrunn i samtalene med de norske entreprenørene var det antatt av forfatteren at mengden koordinasjonstid og rework ville gå opp i scenario 1 og minke i scenario 2, siden en økt andel TUE-er skal sikre enklere og mer direkte kommunikasjon mellom rådgiver og utførende. En mulig grunn til resultatet kan være at formennene og produksjonslederen i det modellerte prosjektet har fått økt belastning av å flytte de prosjekterende under de utførende. Fra intervjuene er det fortalt at å velge flere TUE-er vil gi mindre belastning på prosjektledelsen, altså en motsetning til simuleringsresultatet.

Gjennom både teori (Østby-Deglum, Svalestuen og Drevland, 2013) og intervjuer er det ytret en viktighet om å la de prosjekterende aktørene være i direkte kontakt med hverandre uavhengig av underentrepriseform. I simuleringene av scenario 3-6 er det forsøkt å se hvordan endringer i den direkte kommunikasjonen påvirker prosjektet. Verken ved å tillate TUEs rådgivere, øke TUEs deltakelse i møter eller fjerne de tekniske særmøtene, ble simuleringsresultatene spesielt påvirkede.

I kapittel 6 er det stilt spørsmål ved påliteligheten av hvordan møtene er modellert i prosjektet, og det er fare for at informasjon som har skullet blitt delt i prosjekteringsmøter og tekniske særmøter blir delt i andre møter hvor de aktuelle aktørene deltar. En annen mulighet er at begrensning i møtevirksomheten har liten til ingen innvirkning på produktiviteten til prosjektet, siden nødvendig kommunikasjon blir delt på andre måter. Det vil i så fall delvis motstride informantenes påstander om viktigheten av direkte kommunikasjon mellom de prosjekterende.

Intervjuobjektene var enstemmige da de anbefalte at de tekniske UE-ene burde være TUE-er. I kapittel 3 kom det frem gjennom tidligere studier at en slik praksis for de tekniske fagene er vanlig (Østby-Deglum, Svalestuen og Drevland, 2013; Haugen, 2011). Dermed ble det utledet en ny grunnmodell med tilhørende scenarioer for kun de tekniske fagene i SimVision, for å undersøke om en kunne komme frem til resultater som støtter underentreprisevalget.

Ved å sammenligne resultatene for tekniske totalunderentrepriser (teknisk grunnmodell) og delte underentrepriser (teknisk scenario 1) viser det seg at det er en kostnadmessig stor fordel å velge delte underentrepriser. Det er rimelig å anta at størsteparten av kostnadsforskjellen på ti millioner kroner kommer fra risikopremien på 10%, men det er overraskende at en ikke ser

noen påvirkning på verken tidsforbruk eller risiko. Det står i sterk kontrast til uttalelsene fra intervjuobjektene og de tidligere studiene (Lædre, 2009).

Heller ikke i de tekniske scenarioene klarer man å se noen betydning av å fjerne de tekniske rådgivernes deltakelse i prosjekteringsmøtene, eller å fjerne de tekniske særmøtene. Det kan virke som at kommunikasjonskanalene i prosjektnettverket er så sterkt at å gjøre små endringer på den formelle kommunikasjonen ikke spiller noen rolle. Av det kan man tolke at de tekniske UE-ene i stor grad klarer å koordinere seg imellom uten de formelle møtene satt opp av prosjektledelsen. En slik påstand stemmer til dels med uttalelsene til intervjuobjektene, men flere av informantene påpekte at godt teknisk samarbeid ofte krever mye oppfølging.

Det ble så valgt å gjøre grovere antagelser for underentrepriseformene i modellen med de tekniske fagene. Ved å kontrahere tekniske TUE-er (teknisk scenario 4) får man et prosjekt som tar kortere tid og som er betydelig billigere enn for å dele opp underentreprisene (teknisk scenario 5) noe som i større grad ligner på de intervjuedes uttalelser. Antagelsene er direkte knyttet opp til kommentarer og utsagn fra intervjuene av representanter fra norske TE-er. De påpekte også at prosjektledelsen ofte har begrenset erfaring og kunnskap knyttet til løsninger innenfor de tekniske fagene, og at det var ønskelig at de tekniske TUE-ene tar avgjørelser på egenhånd. Endringene mellom teknisk scenario 4 og 5 gir store utslag i modellen, og er muligens litt for drøye sammenlignet med virkeligheten.

Prosjektrisikoen er derimot nesten doblet, noe som motstrider både uttalelsene i intervjuene og tidligere studier som sier at en av hovedgrunnen til å velge TUE-er er å fordele risiko bort fra seg selv (Lædre, 2009). Det er antatt at en slik økt risiko kommer av at sentraliseringen i scenarioet er satt lav, og at de utførende TUE-ene tar større del av beslutningene. Et av argumentene fra de intervjuede var at de utførende ofte har bedre kunnskap rundt faget og løsninger enn dem selv, men i modelleringen er de utførende satt til å være mer opptatt av produksjon enn kvalitet. Det blir derfor større usikkerhet for prosjektgruppen knyttet til arbeidsoppgavene, siden de ikke får være med å ta beslutninger i like stor grad lenger. En slik risiko møter TUE-ene i virkelige prosjekter, og det kan være noe av grunnen til at flere av informantene uttrykte viktigheten av å ha tillitt mellom aktørene og å i større grad jobbe sammen mot et felles mål.

8 Konklusjon og videre arbeid

På bakgrunn av resultater og diskusjon er det konkludert rundt forskningsspørsmålene i de følgende underkapitlene. Oppsummering og konklusjon følger kronologisk rekkefølge fra forskningsspørsmål 1 til 4, før det er gjort en vurdering av forskningsmetoden til studien og videre arbeid er anbefalt.

8.1. Bruk av SimVision i byggebransjen

SimVision er sett på som et godt verktøy som støtte til beslutningstaking for byggeprosjekter. Resultatene fra simuleringsprosessen er nyttige i den forstand at en kan fange opp gjemt trykk i organisasjonen og håndtere det før det oppstår. Videre har en mulighet til å undersøke effektene av forskjellige endringer i prosjektarbeidet gjennom å utlede scenarioer med bakgrunn i grunnmodellen.

Programvaren passer godt til å simulere byggeprosjekter, og gjennom spesifikke innstillinger og elementer kan man beskrive prosjektene på en gyldig og god måte. Utfordringene ved programmet er knyttet til at modellereren må ha god nok kunnskap om både prosjektet og programvaren for å lage en modell som faktisk representerer prosjektet. Prosessen for å oppnå en god modell er svært omfattende og tidkrevende, noe som taler mot at kostnadene av en slik prosess kan overskride nytten. Det er stilt spørsmål om modelleringen av møter er god nok i programvaren, og forfatteren savner å kunne knytte temaer til møtene.

Programvaren er relativt gammel, og har flere feil og innstillinger som gjør modelleringsprosessen mer komplisert. Samtidig, er programmet relativt intuitivt og de fleste elementene og innstillingene er enkle å forstå. Ved å ha modellert et prosjekt, er man bedre forberedt til å modellere det neste.

8.2. Totalentreprenørers kontrahering av underentreprenører

Gjennom intervjuene av representanter fra norske TE-er er det funnet store likheter i hvordan de går ut i markedet for å kontrahere UE-er. I hovedtrekk består prosessen av at TE sender ut et tilbudsgrunnlag til aktuelle aktører, mottar tilbud, sammenligner dem internt, avholder avklaringsmøter med de mest aktuelle aktørene, før de inngår kontrakt. Vanligvis er arkitekten tiltransportert fra BH, og noen ganger viktige rådgivere også. Representantene ønsker å ta med

seg aktører fra tilbudsregningen videre i prosjektet, men en kan trolig finne bedre tilbud ved å henvende seg til flere aktører i markedet.

En generell oppfatning blant informantene er at det er en fordel å arbeide med aktører man har jobbet med før, og i kontraheringsprosessen er det vanlig å henvende seg direkte til dem, og ikke utlyse jobben på åpent anbud. Prosjektlederen har i de fleste tilfeller tilnærmet full frihet til å velge hvem hen vil kontrahere, selv om bedriftene må tilfredsstillе visse kvaliteter. Som en støtte til kontraheringsarbeidet, arrangeres møter og samtaler for erfaringsdeling om UE-er mellom prosjektlederne. TE-ene vurderer de forskjellige UE-ene underveis i prosjektet, men det varierer i hvor stor grad representantene benytter seg av vurderingene i videre arbeid.

8.3. Totalunderentreprise eller delte underentrepriser?

Det er konkludert med tre punkter som forklarer hvorfor prosjektledere velger totalunderentrepriser for deler av arbeidet i et byggeprosjekt:

1. Ønsker å redusere negativ risiko, og fordele risikoen til dem som er best egnet til å håndtere den og kan bruke den til positiv risiko.
2. De innleide firmaene kan faget best, og er derfor best egnet til å stå for prosjekteringen.
3. Prosjektledelsen mangler kompetanse og kapasitet til å håndtere organisering av fagene.

For arbeidet med de tekniske fagene i byggeprosjekter er totalunderentrepriser oftest valgt. En slik inndeling av arbeidet er anbefalt siden kompetansen til å håndtere risikoen forbundet med fagene som oftest ikke er til stede i prosjektgruppen. Prefabrikkerte råbyggselementer, fasader, og mindre arbeider som heis og rekkverk er ofte valgt totalunderentrepriser.

Det er motstridene tanker knyttet til i hvor stor grad en kan tjene økonomisk på å dele opp prosjektering og produksjon. Der noen ytrer et ønske om å ha TUE-er for flest mulige fag, mener andre at en kan tjene på å dele arbeidet opp og spare risikopremien uten at det går ut over prosjektets prestasjon, gitt at prosjektgruppen har kapasitet til å håndtere en slik sammensetning. Hvilken underentreprisform som er best, avhenger av prosjekt, fag og kompetanse og kapasitet i prosjektorganisasjonen.

8.4. Underentreprisevalgets påvirkning på prosjektets utfall

Hvilken underentrepriseform man velger kan få store konsekvenser for produktiviteten i prosjektet. Mange aktiviteter er gjensidig avhengig av hverandre, så en organisering som gir økt mengde rework, koordinasjons- eller beslutningstid kan gi økt varighet og kostnader i prosjekter. Det er ikke oppnådd et entydig svar for hva som er beste praksis for valg av underentrepriseformer gjennom simuleringen, og intervjuobjektene gav uttrykk for at hvordan man organiserer seg i prosjekter er svært komplekst og varierer fra prosjekt til prosjekt.

Det er anbefalt å velge totalunderentrepriser for de tekniske fagene, gitt at man har en prosjektorganisasjon som har lite erfaring med å dele opp et slikt ansvar, og at TUE-ene som blir valgt har kapasitet til å ta på seg jobben. Et slikt valg er tilnærmet allmenn praksis i byggeprosjekter, og simuleringsresultatene, spesielt gjennom de grove antagelsene for de tekniske scenarioene, underbygger valget.

Studien bekrefter at projektrisikoen øker ved å dele opp prosjektering og produksjon for de forskjellige fagene. Antall aktører som TE skal kommunisere med øker, og man vil trenge en organisasjon med mye kapasitet for å håndtere alle aktørene. En kan tjene noe penger på en slik inndeling, gjennom å ikke betale risikopremie, men den økte risikoen gjør at faren for at prosjektet tar lenger tid og blir dyrere vokser.

For å minke risikoen for feil og misforståelser i prosjektet er det viktig at de prosjekterende, uavhengig av hvordan prosjektet er organisert, er i direkte kontakt med prosjekteringslederen. Gjennom simuleringene klarte man ikke å se en effekt av en mer direkte kommunikasjonskanal mellom de prosjekterende.

8.5. Vurdering av forskningsmetode

Forskningsmetoden for studien sett under ett, er vurdert til å ha god validitet og reliabilitet. Litteratursøkene er godt dokumenterte, og intervjuene er lagret på opptak. Valg gjort i simuleringsprosessen er utført på bakgrunn av prosjektdokumenter fra Kværntoppen, og antagelser som har måtte blitt gjort er forsøkt dokumentert etter beste evne. Dermed er det vurdert at reliabiliteten til studien er god, og at den er pålitelig og etterprøvable.

En kunne økt reliabiliteten til studien ved å ha intervjuet flere representanter fra norske TE-er. I tillegg ville mer kunnskap rundt hvordan de forskjellige UE-ene var organiserte i prosjektet åpnet muligheten for å bruke bemanningsfunksjonen til SimVision, som kunne økt påliteligheten til simuleringsresultatene. Dette kunne også i større grad begrunnet noen av antagelsene. Reliabiliteten i resultatene fra simuleringen er antatt å være god, selv om forfatteren mener at møtevirksomheten i prosjektet ikke var godt nok representert i resultatene. Derfor er svarene fra intervjuene sett på som å være mer pålitelige enn simuleringsresultatene.

Validiteten til studien er sett på som noe lavere enn reliabiliteten. I intervjuene med representantene fra norske TE-er kunne intervjueren stilt flere spørsmål direkte knyttet til hvilken effekt valg av underentrepriseform gir. Noen av temaene som ble diskuterte befinner seg i utkanten av formålet med studien, som for eksempel erfaringsdelingen i firmaene. Da forfatteren startet innsamlingen av data til casestudien kunne han med fordel hatt mer kunnskap om simuleringsprogrammet. Det ble krevd flere samtaler og epost-utvekslinger mellom forfatteren og prosjektlederen for Kværntoppen for å få riktig forståelse av hvordan arbeidet på prosjektet hadde foregått. Likevel er studien antatt å ha god validitet, så arbeidet som er gjort og resultatene treffer formålet med studien.

8.6. Videre arbeid

Gjennom arbeidet med studien har forfatteren oppdaget andre temaer som kunne vært interessant å undersøke videre. Anbefalinger for videre forskning er kort listet opp under:

- Modellere et byggeprosjekt i SimVision, og simuler scenarioer hvor møtevirksomheten er i sentrum. Bruk bemanningsfunksjonen slik at en får en mer realistisk rollefordeling innad i de forskjellige UE-ene.
- Undersøke påvirkning av valg av underentrepriseform for andre entrepriseformer. Intervjue entreprenører om hvordan de vurderer bruken av UE-er i for eksempel en samspillsentreprise.
- Sammenligne resultatene fra simuleringen gjort i studien med resultater fra simuleringer av et annet byggeprosjekt.
- Lage en grunnmodell for kun prosjekteringsfasen av Kværntoppen eller et annet byggeprosjekt i SimVision, og undersøke hvordan TUEs rådgivers deltakelse påvirker møtekvalitet og kommunikasjonen.

Referanseliste

- Avdeling for offentlige anskaffelser (2014) *Kontrakt og kontraktsvilkår*. Tilgjengelig fra: <https://www.anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/anskaffelsesprosessen-steg-steg/avklare-behov-og-forberede-konkurransen/spesifikasjoner-krav-kriterier-og-kontraktsvilkar/kontraktsvilkar> (Hentet 28.03.2020)
- Avdeling for offentlige anskaffelser (2015). -*StartBANK blir stadig viktigere*. Tilgjengelig fra: <https://www.anskaffelser.no/nyhet/2015/12/startbank-blir-stadig-viktigere> (Hentet: 06.05.2020)
- Birta, L. G. og Arbez, G. (2013) *Modelling and Simulation: Exploring Dynamic System Behaviour*. London: Springer London, London.
- Brekhus, A. (2016). Vedal Entreprenør bygger boliger for 450 millioner på Kværnertoppen, *Byggeindustrien*, 30. november 2016. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1296008> (Hentet: 7. mai 2020).
- Busch, T. (2013) *Akademisk skriving for bachelor-og masterstudenter*. Fagbokforl.
- Bygg21 (2019) *4.0 Bygg21s anbefalinger*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg21.no/rapporter-og-veiledere/industrialisering-av-byggeprosjekter/4.0-bygg21s-anbefalinger/#raad3429> (Hentet 28.02.2020)
- Cappelen, H. (1994) *Byggherren og kontraktene : kontraktssinngåelser for bygg og anlegg*. Drammen: Thomassen fagbøker.
- Concha, M., Alarcón, L. F. og Mourgues, C. (2015) Reference Virtual Design Team (VDT) probabilities to Design Construction Project Organizations, *Revista de la Construcción. Journal of Construction*, 14(2), s. 29-34.
- Dalland, O. (2000) *Metode og oppgaveskriving for studenter*. Gyldendal akademisk.
- de Orue, D. *et al.* (2009) Robust Project Network Design, *Project Management Journal*, 40(2), s. 81-93. doi: 10.1002/pmj.20109.
- EcoMerc (u.å.) *OrgCon*. Tilgjengelig fra: <https://ecomerc.com/orgcon/> (Hentet 11.10.2019)
- Edmonds, B. (2000) The Use of Models-making MABS actually work, *Center for Policy Modelling, Report No. 00-74*.
- Entreprenørfireningen – Bygg og Anlegg (2013). *Veileder om SAMSPILLSENTREPRISE*. 1. opplag. Oslo. Tilgjengelig fra: <https://www.anskaffelser.no/sites/anskaffelser2/files/veileder.pdf> (Hentet 08.04.2020)

- Eom, C. S., Yun, S. H. og Paek, J. H. (2008) Subcontractor evaluation and management framework for strategic partnering, *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(11), s. 842-851.
- ePM (2004) *SimVision* ® *Simulation Theory and Implementation – Technical Summary*. Upublisert
- ePM (2005). *SimVision User Guide*. Utgiver: LCC
- ePM (2014) *Portfolio*. Tilgjengelig fra: <http://epm.cc/portfolio.php> (Hentet 11.10.2019)
- ePM (2014) *Technology*. Tilgjengelig fra: <http://epm.cc/technology.php> (Hentet 03.10.2019)
- Fischer, M. (2005) 4D CAD and Collaboration.
- Frøystad, K. (2014) Teamledelse i prosjektering: Hva kjennetegner et høytstående prosjekteringsteam? *Team leadership in design: What Characterizes High Performing Design Teams?* : Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi Institutt for bygg anlegg og transport.
- Galbraith, J. R. (1977) *Organization design*. Addison Wesley Publishing Company.
- Garcia, A. C. B. *et al.* (2004) Building a project ontology with extreme collaboration and virtual design and construction, *Advanced Engineering Informatics*, 18(2), s. 71-83.
- George, A. L. og Bennett, A. (2005) *Case studies and theory development in the social sciences*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Gjerde, H. M. (2017) *Uncertainty Analyses of Time in Construction Projects*: NTNU.
- Gran, S. (2019) *Hvordan kan simuleringsverktøy påvirke organisasjonen i byggeprosjekter?* Prosjektoppgave. Trondheim: NTNU
- Haugen, S. (2011) *Organisering av prosjektering i totalentrepriser*, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Fakultet for
- Horii, T., Jin, Y. og Levitt, R. (2005) Modeling and Analyzing Cultural Influences on Project Team Performance, *Computational & Mathematical Organization Theory*, 10(4), s. 305-321. doi: 10.1007/s10588-005-6283-1.
- Ibrahim, R. og Nissen, M. (2004) Simulating Environment Contingencies Using SimVision®.
- Ibrahim, R. og Nissen, M. (2007) Discontinuity in Organizations: Developing a Knowledge-Based Organizational Performance Model for Discontinuous Membership, *International Journal of Knowledge Management (IJKM)*, 3(1), s. 10-28. doi: 10.4018/jkm.2007010102.
- Jin, Y. og Levitt, R. (1996) The virtual design team: A computational model of project organizations, *Computational & Mathematical Organization Theory*, 2(3), s. 171-195. doi: 10.1007/BF00127273.

- Joelson, T. (2020). Kværnertoppen, *Byggeindustrien*, 25. februar 2020. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1425024> (Hentet: 7. mai 2020).
- Kam, C. og Fischer, M. (2004) Capitalizing on early project decision-making opportunities to improve facility design, construction, and life-cycle performance—POP, PM4D, and decision dashboard approaches, *Automation in construction*, 13(1), s. 53-65.
- Kooy, O. W. (2012) Understanding the causal relations in organizational structures of project teams: How simulations can contribute to better work processes.
- Kunz, J. og Fischer, M. (2009) Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions, *Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University*.
- Levitt, E. R. (2012) The Virtual Design Team: Designing Project Organizations as Engineers Design Bridges, *Journal of Organization Design*, 1(2), s. 14-41. doi: 10.7146/jod.6345.
- Louie, M. A. (2002) A docking study of SimVision and ORGAHEAD, *Dymanic Organizations*, s. 17-752.
- Lædre, O. (2009) *Kontraktstrategi for bygg- og anleggsprosjekter*. Trondheim: Tapir akademisk forl.
- Lædre, O. (2012) Gjøre det selv eller betale andre for jobben - byggherrens valg av kontraktstrategi i bygg- og anleggsprosjekt. Concept Temahefte.
- Lædre, O. (2017) *Kontraktstrategier OrgØk*. Forelesning ved NTNU (06.09.2017)
- Løfseth + Partner AS (u.å.). *Kværnertoppen* [Fotografi]. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1296008> (Hentet: 8. mai 2020).
- March, J. G. og Simon, H. A. (1958) *Organizations*.
- Mubarak, S. A. (2015) *Construction project scheduling and control*. Wiley.
- NTNU Universitetsbiblioteket (2015) *Finne kilder*. Tilgjengelig fra: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Hjelp+til+litteratur%C3%B8k> (Hentet: 26.10.2019)
- Olsson, N. (2011) *Praktisk rapportskrivning*. Tapir akademisk.
- Saunders, M., Lewis, P. og Thornhill, A. (2012) Research methods for business students (6. utg.), *Harlow: Pearson*.
- Standard, N. (2011). Alminnelige kontraktsbestemmelser for totalunderentrepriser. Lysaker: Standard Norge

- Søk & Skriv (2019). Oppbygning av en oppgave. Tilgjengelig fra: <https://sokogskriv.no/skriving/struktur-og-argumentasjon/oppbygning-av-en-oppgave/> (Hentet: 29.10.2019)
- Theißen, M., Hai, R. og Marquardt, W. (2011) A framework for work process modeling in the chemical industries, *Computers and Chemical Engineering*, 35(4), s. 679-691. doi: 10.1016/j.compchemeng.2010.10.012.
- Tjora, A. H. (2017) *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. 3. utg. utg. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Vedal AS (u.å.) *Dette er Vedal*. Tilgjengelig fra: <https://www.vedal.no/om-oss/> (Hentet: 30.05.2020)
- Watson, M. E. B. (2016) Valg av kontraktstrategi - Valg av kontraktstrategi mellom totalentreprenør og underentreprenør: NTNU.
- Weber, M. (1924) (1947). *The theory of social and economic organization* (AH Henderson & T. Parsons, Trans.). Glencoe, IL: Free Press.
- Welde, M. *et al.* (2018) *Kostnadsstyring i entreprisekontrakter*. Trondheim: Ex ante akademisk forl. Concept-programmet.
- Wilson, C. (2014) *Interview techniques for UX practitioners : a user-centered design method*. Morgan Kaufmann.
- Yin, R. K. (2014) *Case study research: Design and methods (applied social research methods)*. Sage publications Thousand Oaks, CA.
- Zhang, W. (2012) *Agent-based Modeling*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Østby-Deglum, E., Svalestuen, F. og Drevland, F. (2013) *Prosjekteringsledelse-Teoretisk grunnlag*: NTNU. i.

Vedlegg

Innhold i vedlegg

Prefiks	Innhold	Side
A	Intervjuguide	A - 1
B	Sammenligning av intervjuer	B - 2
C	Modelleringsplan grunnmodell Kværntoppen	C - 6
D	Scenarioplan grunnmodell	D - 14
E	Oversikt over sammenslåtte aktiviteter og aktører	E - 16
F	Prosjekteringsplan Kværntoppen	F - 17
G	Hovedfremdriftsplan Kværntoppen	G - 19
H	Kombinert hovedfremdrift- og prosjekteringsplan	H - 20
I	Grunnmodell for Kværntoppen	I - 24
J	Oversikt over posisjoner i grunnmodell	J - 25
K	Oversikt over aktiviteter i grunnmodell	K - 26
L	Utklipp: Milepæler, rework- og kommunikasjonskoblinger	L - 27
M	Gantt-diagram for modell uten prosjektsannsynligheter	M - 29
N	Oversikt over tekniske balanseringsscenarioer	N - 30
O	Teknisk grunnmodell for Kværntoppen	O - 31
P	Teknisk scenarioplan	P - 32

A. Intervjuguide

Intervjuguide

Valg av underentrepriseform for totalentreprenør

Introduksjon:

Jeg skriver masteroppgave ved institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU. I den sammenheng, har jeg stor interesse av å intervjuere prosjektledere fra de store totalentreprenørene i Norge.

I oppgaven skal jeg undersøke hvordan belastning av prosjektledelsen i en totalentreprise påvirkes av å kontrahere totalunderentreprenører (TUE, ansvarlig for prosjektering og utførelse) eller separate prosjekterende og utførende underentreprenører (UE). Dette vil hovedsakelig være knyttet til de store fagene. Det skal også undersøkes hvordan belastningen av prosjektledelsen påvirker prestasjonen til hele prosjektet, gjennom å modellere og analysere et case-prosjekt i simuleringverktøyet SimVision. Verktøyet er knyttet opp til VDC og POP gjennom å analysere organisasjon og prosess.

Behandling av data:

Svarene du gir vil bli anonymiserte og du vil bli referert til i teksten med tittel og bedrift, for eksempel prosjektleder Veidekke, så lenge det er greit for deg. Etter intervjuene vil jeg sende deg et referat der du kan kommentere eventuelle misforståelser eller uenigheter. Jeg vil også sende deg den ferdige behandlede teksten hvis det er ønskelig.

Liten oversikt over tema for intervjuet:

1. Hvordan fungerer utvelgelsesprosessen deres av underentreprenører i prosjekter?
 - Hvor stor frihet har prosjektgruppen til å velge?
2. Hvorfor velger dere totalunderentreprenører (TUE) eller separate prosjekterende og utøvende underentreprenører (UE)?
 - Varierer dette for forskjellige fagområder?
3. Bruker dere noen verktøy for å bestemme mellom TUE og UE?
 - Eksisterer det en erfaringsbank, vurderingsverktøy eller lignende?

B. Sammenligning av intervjuer

Kan generalisere

Unntak

Relativt likt, interessant vinkling

	Hvordan går dere frem for å kontrahere underentreprenører?	Bekjente selskaper?	Frihet hos prosjektlederen?	Retningslinjer fra ledelsen?
Prosjektleder Vedal	Vi plukker. Ikke åpent anbud. Runde med folk i prosjektet og andre prosjektledere. Anbefalinger på hvem som kan brukes. Hører internt. Samler inn liste. Henvender seg til mellom 2-4 ulike UE-er og spør om de ønsker å gi pris. Internmøte for å undersøke tilbud og snakke om erfaringer rundt UE. «Alltid en fordel om noen i teamet har jobbet med UE-en før». Ender opp med 2. Kaller de inn til avklaringsmøte. Kontrollerer om de har forstått oppgaven, og diskuterer enkelte priser. Arkitekt blir oftest tiltransportert fra BH, og det hender at noen viktige rådgivere også blir det, eventuelt tatt inn i prosjektet gjennom samarbeid mellom BH og TE.	Ja, primært. Enten bekjente i prosjektgruppen eller fra andre prosjekter.	Full frihet.	Noen ganger fraråder ledelsen eller prosjektledelsen i andre prosjekter å bruke en bestemt UE. Har en liste over noen de man bør være noe tilbakeholdne med å bruke, og andre UE-er man anbefaler. Det blir hørt.
Prosjektleder Veidekke	Innhenter tilbud fra største fag før tilbud til BH. Lager innkjøpsplan, og kontraherer UE etter å ha fått jobben. Ber ofte om reviderte tilbud, siden oppgavene er bedre beskrevet, og supplerer av og til disse med nye tilbud fra andre. Det er ofte større interesse for å gi tilbud til etter at Veidekke har fått jobben. Teknisk og Prefab betong først, siden de skal tidlig inn i prosjektet. For noen fag er det få aktører, så man spør de få firmaene som eksisterer. Vanligvis henvender Veidekke seg direkte til leverandørene. Hender også at de får henvendelser fra entreprenør som ønsker å være med. Vanligst at Veidekke går ut i markedet og spør.	Interne oversikter over bedrifter en har jobbet med tidligere. Prekvalifisering gjennom Startbank – register med informasjon om skatter og avgifter til firmaer i byggebransjen. Veidekke siler firmaene ved bruk av denne informasjonen, for å sikre at de har det økonomiske på det rene overfor myndighetene, og som en trygghet for at firmaet kan gjennomføre jobben. Mottar tilbud og velger det tilbudet som er best, ikke kun pris. Bruker ofte selskaper fra tidligere erfaring, men prøver også ut nye. siden Veidekke er stort, er de fleste firmaene brukt tidligere.	Stor frihet. Prosjektleder bestemmer	Noen en ikke får tillatelse til å bruke fordi de ikke oppfyller Veidekkes serisitetetskrav.
Prosjektleder Kruse Smith 1	Sender ut prisforespørsler på beskrivelse/underlag. Vurderer gjennomføringsevne til UE og folkene som skal delta. Tidligere erfaring med UE vektlegges også. Før man signerer kontrakt er det en lang prosess med blant annet avklaringsmøter. Vektlegger pris, kompetanse og gjennomføring.	Kjenner hele markedet. Ringer rundt og hører om UE vil gi pris. Bruker ulike leverandører i forskjellige deler av landet. Regionale forskjeller. Bruker selskaper en har god kjennskap til, og gjerne som kjenner hverandre godt. Velger UE-er som tidligere har jobbet bra sammen, men ikke alltid mulig.	Full frihet. Samarbeid på store bestillinger fra utlandet. Fasader, vinduer, o.l.	Sjekker økonomi og egne faste ansatte, med mer. Undersøker serisitetetsbestemmelser, som skatt-mva, likviditet osv. Oslo Kommune har for eksempel krav til HMS registrering i alle sine prosjekter.
Prosjektleder Kruse Smith 2	Noen ganger arver man aktører fra BH. Avhenger av kompleksiteten til prosjektet. Valget av entreprenør avhenger av hvor mye kompetanse er det i prosjektgruppen, og hvor erfarne og hvor god kjennskap en har til entreprenøren. Regionale forskjeller. Får inn entreprenører under beregning av anbud. Ønsker å ta de med videre når jobben er vunnet, for at entreprenørene skal føle et større eierskap til arbeidet, samtidig som de kan bruke kompetansen sin tidlig. Da vet en ikke om en får markedspris. Velger underentrepriseform før en sender ut tilbudsforespørsel, men dette er ikke låst. Burde ha en strategi for hvordan en ønsker kontraktsinndelingen, og fordele ansvaret. Markedet styrer også. Generelt må leverandører og entreprenører få minimum 2-3 uker for å regne på tilbudet (gjerne enda lenger avhengig av kompleksitet og størrelse). Ellers så får man ikke et spisset tilbud og det blir ofte mange forbehold hvis det blir for lite tid. Tilbudene blir så evaluerte. Tidspunkt for kontrahering avhenger av hvor gode erfaringstall KS har på de ulike fagene. Har de ingen erfaringstall, må de tidlig (gjerne under anbud) ha med seg priser fra underentreprenør/-leverandør.	Tilbud om rene utførelsesentrepriser blir sendt ut til 4-5 kjente firmaer.	Full frihet, men støtteaktører i ledelsen en kan bruke.	Avhenger av størrelse på prosjekt og kontrakt. Store leveranser planlegges av ledelsen, slik at eventuelle bestillinger må avtales med dem. Skal en kjøpe lokalt eller utenlandsk? Eksisterer en innkjøpsansvarlig i bedriften man kan støtte seg på.
NCC	Henter inn kjente entreprenører før tilbudet er vunnet for å bidra i tilbudet. Settes sammen en tilbudsgruppe bestående av medlemmer fra tilbudsledelse, kalkulasjon, innkjøpsansvarlig, kompetansesenter/prosjektering, strategiske UE-er og prosjektledelsen. De kommer sammen i en tidlig fase for å legge grunnlaget for prosjektet, og etter hvert kontrahere TUE/UE. De kjente entreprenørene som kontraheres tidlig får komme med innspill om hvem de ønsker å samarbeide med. Kompetansesenteret består av forskjellige personer med mye kompetanse knyttet til hvert sitt fag (teknisk, råbygg prefab og fasade). De bistår i tilbudsregning, og kontrollerer tilbud fra UE-er, gjennom både evaluering og kontraktsgjennomgang med UE. Det skal minst være ett fysisk møte mellom NCC og UE. I noen tilfeller er de satt ut på prosjekter, f.eks. hvis det er høy kompleksitet i elektro-arbeidet, vil den tekniske ansvarlige i kompetansesenteret få mye ansvar. Går inn som anleggsleder. Kompetansesenteret fokuserer på funksjonalitet. Grovere nivå enn prosjektering. Deltar også i reklamasjonsarbeidet.	Ja. Kontraherer veldig selektivt. Tar kontakt med 2-3 aktører. Har plukket ut samarbeidspartnere som fungerer opp mot NCC for de forskjellige bygningstypene (skole, svømmehall, forretningsbygg, etc.) de skal bygge. NCC går mot å bruke faste firmaer for hvert prosjekt i de forskjellige byene. Det vil f.eks. si at i Oslo skal de ha 3 kjente rørleggere, elektrikere osv., tilsvarende i Trondheim, osv. Oppfølger entreprenørene i samsvar med innkjøpsportalen. Fungerer som en slags opplæring av samarbeidspartnere. Utfordring ved dette er hvis samarbeidspartnerne ikke er konkurransedyktig på pris. Firmaene må ha kapasitet og ønske til å ta prosjektene, og ha et profesjonelt forhold selv om firmaet ikke blir valgt i alle prosjekter.	Har siste ord. Stoler på kompetansesenteret og tilbudsgruppen, og motsetter seg veldig sjeldent det de har kommet frem til sammen. Som regel den som har ansvaret for fagfeltet i tilbudsgruppen som bestemmer.	Valg av UE er i stor grad bestemt av tilbudsgruppen, men prosjektleder har siste ord. Vanskelig at alle aktører skal ha kjennskap til bedrifter utad. Sentraliserer i stor grad kunnskapen rundt innkjøp. Bruker Startbank, så entreprenører som ikke tilfredsstillere økonomiske og rettslige krav utelukkes. En kontraherer heller ikke en UE man er i et sluttoppgjør/feide med fra et annet prosjekt. Får ikke lov til å prise prosjektene selv, må ut og hente priser hos entreprenører.
Prosjektleder AF Nybygg	Ønsker å ha prosjektleder inkludert i tilbudsprosessen og kalkuleringen, for å gi større kontinuitet i hvilke aktører som er med hele veien. Hender veldig ofte at det ikke kan gjennomføres, siden prosjektlederne ofte er låst til annet arbeid. Da blir i større grad utskiftninger av aktører, og oppdeling av kontrakter når anbudet er vunnet. Forespør bredt ved kalkulering. Både aktører man kjenner godt fra før, og aktører en ikke vet om. Når prosjektet er vunnet tar man en ny runde med å finne aktører. Henvender seg bredt til både kjente og ukjente. Prosjektleder kontakter bekjente samarbeidspartnere og ber om tilbud. Spesifiserer hvilke personer hos UE man ønsker å samarbeide med, for å sikre kompetanse. Prosjektleder henvender seg ofte direkte til bekjent aktør hos UE for å diskutere tilbudet, noe som kan senke prisen siden samarbeidet fungerer godt, og UE føler mindre risiko. Selskaper skifter med mye kunnskap og erfaring, så en jobber for å sikre seg de personene som sitter på denne kompetansen. Ber om oversikt over utdanning og erfaring til de aktørene som skal delta. Alle innkjøp foregår internt i prosjektet, ikke sentralt, noe som er bra for prosjektet og forutsigbart for UE.	I relativt stor grad. Forespør bredt i markedet til ukjente aktører også, men har et ønske om å samarbeide med aktører en allerede jobber godt med. Kontrahering veldig avhengig av nettverk.	Tilnærmet full frihet hos hvert enkelt prosjekt. Prosjektleder bestemmer hvem som skal kontraheres, men må ta hensyn til AFs prekvalifisering av UE-er.	Startbank og egen intern prekvalifisering av UE-er.

Hvorfor velger dere TUE?	Spesielle fag?	Erfaringer?	Endring i organisasjonen?
Å dele opp prosjektering og utførelse krever kompetanse i prosjektgruppen. Kan tjene økonomisk på å dele det opp og sitte med risikoen selv. Kompetansen i teamet er styrende om man har muligheten til å velge UE	Teknisk blir ofte valgt TUE. Tømrer på medgått tid, siden prosjektgruppa har kompetansen til å håndtere dette. Prefab betong, montering og RIB er ofte separate kontrakter, men Conform var et alternativ vi vurderte.	God erfaring med TUE for tekniske fag. Har hørt teknisk oppdelt fra andre prosjekter - dårlige erfaringer. Påtar seg et grensesnitt, hvor man må få prosjekterende og UE til å snakke sammen. Oppdelt prosjektering og utførelse mer vanlig for råbygg. Et ansvar de tør å ta siden kompetanse i teamet er der.	Hvis en skal dele opp tekniske fag, trenger en kompetanse i organisasjonen til å håndtere dette. Vil trenge større prosjektgruppe.
De innleide firmaene kan faget best og er derfor best egnet til å stå for prosjekteringen. Dermed betyr det også noe å redusere vår risiko.	Så godt som alltid tekniske fag (rør, ventilasjon og elektro separat) og prefab betong. Mulig å samle de tekniske til én entreprise, men få firmaer som tilbyr det. Kan slippe noen grensesnitt ved én teknisk entreprise. Bruker også TUE på systemvegger, fasader, heis, m.m.		Flere funksjonærer hvis det hadde vært større andel med separat prosjektering og utførelse.
Bestemt på forhånd om en ønsker TUE eller utførelseskontrakt før en går ut i markedet. Velger TUE for å fordele risiko. Tar aldri all prosjektering selv. For mye risiko. Gjennomføringsplan er delt inn i fag med forskjellige ansvarsområder. TUE/UE-ene som blir kontrahert skal fylle disse områdene. Som TE (totalentreprenør), har de til syvende og sist ingen ansvar for prosjektering. Den har blitt fordelt på andre firmaer. Av og til, når en må starte et prosjekt tidlig, før man har kontrahert UE, må en inn med egen prosjektering. Ofte for store, tunge grunnarbeidsjobber. Dette for å få sendt inn søknad på IG (igangsetting) på arbeidet. Når TE har kontrahert overføres dette ansvaret tilbake til utførende entreprenør og ansvarlig søker. Gjennomføringsplan revideres/oppdateres i	Ved begrenset tid til å regne, går en ofte eksklusivt inn for de store fagene; teknisk, grunn. TUE fungerer bra for tekniske (VVS og elektro) fag, men dårligere for grunn og utomhus. Veldig vanlig med TUE på prefab råbygg. Må være en viss størrelse på prosjektet for at det skal være nødvendig å gjennomføre. Trenger RIB som har ansvar for global statikk, for dette ansvaret tar ikke TUE prefab råbygg.		Ved større grad av TUE, kan en ha mindre bemanning i prosjektgruppen, gitt at TUE-ene er erfarne nok. Avhenger også med kompetanse i prosjektgruppen. Utfordringer når erfarne entreprenører møter uerfarne prosjektingeniører/prosjektledere, og motsatt. Hvordan en velger å kontrahere avhenger av kompetansen i prosjektgruppen. Svært sammensatt og komplekst.
Jobber hele tiden med å spre risiko, og den som er best egnet for å håndtere risikoen burde gjøre det. Samtidig så er det risikoen som gir muligheter for gevinst. Prosjektgruppen organiserer svært mange fag, og en kan ikke kunne alle fagene bedre enn entreprenørene.	Vanligvis TUE for tekniske fag (rør, ventilasjon og elektro). Foretrekker å kontrahere fasader og heis med bakgrunn i NS8417 Totalunderentreprise. Betongelementer og stål, prefabrikert. Ønsker å ha RIB i prosjekteringsgruppen som ivaretar global statikk og lager grunnlag, før TUE-ene lager utførelsestegninger. Kan fort bli mange RIB er involvert, og dermed danne seg en del grensesnitt.	Dannes grensesnitt mellom global statikk (RIB) og leveringen av de prefabrikerte elementene. Må gå opp grensesnittmatrise mellom RIB og prefab råbygg. Ikke alltid klarhet i hva de forskjellige aktørene gjør. TUE noen ganger som joint venture, flere firmaer som går sammen som ett firma for å ta hele jobben. Veldig vanlig at tekniske fag har leid inn rådgivere, ikke egne innad i organisasjonen. Oppdeling av prosjektering og produksjon av råbygg-elementer gjør ting komplisert, og det oppstår flere grensesnitt. Tidssparende når ingen tar ansvaret for å utføre oppgaven som må gjøres. Risiko at TUE presser sin prosjekterende til å gjøre så lite som mulig for å spare penger og tid, noe som ikke gir den beste løsningen. Må få TUE til å dra i samme retning som resten av prosjektet.	Færre avklaringer på byggeplassen ved bruk av TUE, men i selve produksjonen er det relativt likt om man bruker TUE eller rene utførelsesentrepriser. Flere spørsmål til ledelsen med rene utførelsesentrepriser. Kan gjøre små reduksjoner i ledelsen ved bruk av TUE, men viktigere å ha riktige personer i prosjektgruppa enn mengden personer. Må ha mer kompetanse i prosjektledelsen for å takle flere oppdelte entrepriser. Spesielt for tekniske fag. Hadde en fått inn riktig ressurs, kunne en spart inn risikopremier her. Ikke veldig mange tekniske byggeledere tilgjengelig. De som er, fungerer ofte som koordinatore eller rådgivere. Mengde oppfølging avhenger også av kontraktsform. Fastpris, mindre oppfølging, eller timespris, mye oppfølging.
Hvis en ikke forstår underlaget fra BH grundig nok, vil en fort sende tilbudet videre til en TUE. Ved mangel på kompetanse, vil ikke evalueringen av tilbudene basere seg på stort annet enn pris.	Prefab, tekniske og fasader. Tekniske fag: Kun oppdelt entreprise hvis byggherre ønsker det. Eventuelt om det er krav til prekvalifisering av prosjekterende/rådgiver. Generelt mindre kunnskap om tekniske fag blant byggeplassledelser, så dermed enklest å bruke kjente TUE-er. For høy risiko. Massivt blir om dagen inkludert i kompetansesenteret. Burde vært spesialister innenfor brann og akustikk/lyd også.	Skulle ønske en kunne ha grunnarbeid som TUE, men mangler kompetanse innad, samt at få underentreprenører tar på seg så mye ansvar i grunnen.	Trenger flere folk og større kompetanse for å dele opp entreprisene i større grad. Både i byggeplassledelsen, og til å følge opp detaljprosjekteringen nøyere. Vanskelig å få til i alle deler av landet. Ønske om å etablere en gruppe med prosjekteringspersonell innad i NCC som har teknisk fag. Kunnskap og erfaring fra prosjekter blir da værende innad i bedriften, og ikke sittende igjen hos underentreprenører som kan ta denne erfaringen med seg til NCCs konkurrenter. Har vært et par forsøk på dette, men av forskjellige grunner har ikke det vært mulig.
Lurt at de som utfører jobben får ta med seg sine rådgivere, slik at en kan optimalisere løsningene. Ønsker å fordele negativ risiko bort fra seg selv, og til noen som kan bruke det som positiv risiko. Ofte lite kompetanse i plassledelsen knyttet til de tekniske fagene, og dermed ryddigere å sette bort det ansvaret. Går åpent ut i markedet, har ikke bestemt seg for TUE eller UE før tilbudene kommer inn. Fleksible til å endre seg etter hvert.	Først og fremst tekniske fag. Vurderingssak om en velger TUE for råbygg, både prefab og plassstøp. Fasader og rekkverk er ofte TUE.	Oppstår grensesnitt mellom TUE råbygg og global RIB. Ofte mellom pæler/bunnplate og råbygg. Har vært med på tekniske entrepriser i egen regi, og det krevde svært mye av ledelsen. Måtte tilegne seg riktig kompetanse i ledelsen.	For å dele opp tekniske entrepriser vil en måtte ha større organisasjon. Plassledelsen er ofte svært opptatt, så positivt å sette bort de tekniske fagene.

Hvordan fungerer kommunikasjonen med TUE?	Hvem deltar i prosjekteringsmøter?	Hvordan kommuniseres det mellom TUE-ene?
	<p>Prosjekteringsmøter hvor de prosjekterende er. Deltagelsen er den samme om man har TUE eller kjøpt rådgivende separat.</p>	<p>Noen ganger virker en aktør i prosjektgruppen som støtte til teknisk samarbeid. I tillegg til prosjekteringsgruppen. De forskjellige TUE-ene på de tekniske fagene har tegnet solidaritetsdokument som gjør dem juridisk bundet til å jobbe sammen. I praksis må samarbeid og kommunikasjon følges opp. Lager referater fra prosjekteringsmøter og frister som alle forstår. Aktivt inne og sørger for samarbeid.</p>
<p>TUE har ofte leid inn egne prosjekterende under seg. Er eksempler hvor TUE prosjekterer selv. Formelt kommuniseres det alltid gjennom TUE, men tidsbesparende å sende mail/beskjed direkte til prosjekterende under, men da med TUE i kopi. Fungerer godt å kommunisere direkte med TUEs prosjekterende, men viktig å holde TUE informert. Prosjekteringsleder har mer behov for å kommunisere direkte med TUEs prosjekterende, enn produksjonsleder må kommunisere med TUEs underleverandører.</p>	<p>I prosjekteringsmøter er TUE kalt inn og mottar alltid referat fra møtene. De viktigste av TUE's prosjekterende deltar i prosjekteringsmøter på våre prosjekter. Det gjelder RIE, RIV (rør) og RIV (vent) deltar i de fleste møtene, mens Prefab betong deltar inntil råbygget er prosjektert. Prosjekterende for fasade-entreprenører deltar gjerne i egne fasade-prosjekteringsmøter. I en del tilfeller deltar også TUE selv.</p>	<p>Tekniske: Varierer fra prosjekt til prosjekt. Stort sett gode erfaringer, men noen prosjekter er koordineringen mellom de tekniske dårlig. Solidaritetsavtale mellom dem hvor de pålegges å jobbe sammen. Jobber mye med grensesnittliste mellom aktørene, for å avdekke hvem som skal gjøre hva. Hvor involvert prosjektledelsen må være varierer også fra prosjekt til prosjekt. Prefab råbygg: RIB prosjekterer gjerne totalstabilitet av bygget, mens prefab prosjekterer selve prefableveransen. Det er en stund siden jeg har jobbet med prefab da de siste prosjektene har vært plasstøpte bl.a. pga terrorsikkerhet. Ved konflikter varierer hvem som er ansvarlig ut ifra hendelsen og hva som står spesifisert i solidaritetsavtalen.</p>
<p>Har mulighet gjennom kontraktene til å bytte ut TUEs prosjekterende, hvis de ikke er egnet til jobben. TUE sitt ansvar.</p>	<p>TUEs prosjekterende bør være inkludert i prosjekteringsmøter. Direkte kontakt mellom prosjekteringsleder og TUEs prosjekterende, ofte uten TUE involvert. Ulik praksis i forskjellige prosjekter. Utførende liker at prosjekterende har kontroll på gruppen sin. Viktig prinsipp av egen erfaring: Prosjekteringsleder MÅ ha direkte kommunikasjon med rådgivende, uavhengig av hvem som har leid dem inn. Har vært med på prosjekter hvor all kommunikasjon skulle gjennom TUE. Faren med det er at mye av informasjon og kontakt forsvinner på veien. Får ikke alltid svar på de kritiske spørsmålene.</p>	<p>Tekniske fag: Solidaritets-/forpliktelsesavtale mellom TUE-er for tekniske fag. Grensesnittmatrise som blir gjennomgått tidlig, før kontrakten signeres. Fungerer utmerket. Prosjekteringsmøter/prosjekteringsverksteder med ICE og VDC- metodikk. Krever tilstedeværelse på møter hvor ditt fag er involvert. Mye av dette kan også gjennomføres digitalt uten fysiske møter</p>
<p>Hvis TUE har egne prosjekterende, er det direkte dialog mellom prosjektleder og dem. Hvis TUE leier inn andre prosjekterende kan det, av erfaring, oppstå en litt uheldig situasjon, ved at en får to ledd (personer) for hvert fag, nemlig prosjektleder TUE og representanten fra innleid prosjekterende. Dette gir flere personer i prosjekteringsmøter, og beslutninger har vanskeligere for å bli tatt. Det gir større usikkerhet knyttet til hvem som skal svare for det gitte faget. Viktig at informasjon blir sendt direkte ut til prosjekterende aktør, men TUE blir varslet og holdt informert fortløpende. Nødvendig å huske på det formelle, ved å kommunisere via TUE.</p>	<p>Ofte representant fra både TUE og deres prosjekterende.</p>	<p>Egne prosjekteringsmøter for tekniske fag. Ofte egen prosjekteringsleder for tekniske fag. Han bør være god på alle de tekniske fagene, noe som veldig få klarer. De tekniske har gjensidig ansvar overfor hverandre, noe som i teorien fungerer godt. Ikke alltid like enkelt å gjennomføre i praksis, men krever oppfølging fra prosjektledelsen. Fungerer godt så lenge en inkluderer TUE i planlegging, og lager gode nok underlag.</p>
<p>Kommuniserer i stor grad direkte med TUEs rådgiver. I tidligfase sitter ofte NCC, TUE og TUEs rådgiver sammen. Fungerer som oftest godt. Følges opp av prosjekteringsledere. Bruker prosjektstudio, hvor tegninger deles i BIM, og planlegging foregår. Av og til er de erfarne for opptatte, og mindre erfarne personer får ansvar de ikke er helt klare for. Da oppstår det ofte problemer.</p>	<p>Som regel begge. Erfarer at TUE er mer innovative, og har et større ønske om å komme i gang med å bygge, mens rådgiverne går "runde på runde", og er mer opptatte av tradisjonelle løsninger.</p>	<p>Solidarisk ansvarsavtale mellom tekniske TUE-er var vanlig før, men var kun mulig å få til hvis NCC tvang det gjennom. Eventuelt at de tre tekniske var godt sammensveiset, eller at én av de tre aktørene hadde en dominerende rolle, eller at NCC betalte ekstra for ansvaret. Nå er det et større fokus på samarbeid, og NCC bruker heller omfattende grensesnitt-avklaringsdokument. Bruker fra en dag til en uke på denne avklaringen.</p>
<p>Først sendes det ut grensesnittmatrise som vedlegg til kontraktene. Hva UE-ene er ansvarlig og delansvarlig for blir avklart tidlig. Prosjekteringsleder(e) har ansvar for å følge prosjekteringen tett, og får ofte hjelp av driftsleder som følger kontraktene. Bruker også BIM-tekniker for å følge opp de forskjellige fagene gjennom kollisjonsmøter annenhver uke. I større grad mer inkluderende planlegging med UE-er i utførelsen de siste årene. Både tidlig i prosjektet og underveis.</p>	<p>Både TUE og TUEs rådgiver deltar på prosjekteringsmøtene. Kommuniserer direkte med rådgiver og utførende samtidig. Ofte mange personer i møtene, men fungerer godt, fordi en får avklart problemer fort.</p>	<p>Grensesnittavklaring og solidaravtale mellom fag, i tillegg til oppfølging av ledelse</p>

Bruker dere noen verktøy for å velge mellom TUE og UE? Erfaringsdeling/Vurderingsbank?	Innkjøpsjef?	Anbefalinger - hva fungerer best?	Hvilke fag bør være TUE og UE?
Samtaler mellom prosjektledere og internt i prosjektet. «Svartelister» blir laget. Lister på potensiale UE-er i samarbeid med innkjøpsjef.	Ansvar for å koordinere og samle inn erfaringer rundt UE-er fra alle prosjektene. Støtter prosjekter med informasjon om UE.		Godt fornøyd med TUE på tekniske fag. God erfaring med prefab, men er som regel et grensesnitt mellom RIB, betong-UE og prefab på råbygg. Det eksisterer muligheter for TUE av råbygg med én aktør. Veldig risikofyllt å dele opp altfor mye.
Evaluering av firmaer ved avslutning av prosjekter. Dokumentene er åpne for prosjektlederne til å lese. Erfaringsdeling innad i Veidekke, som ofte foregår gjennom møter. Snakke med noen som har brukt de aktuelle firmaene før kontrahering. Prekvalifisering – Startbank.		Prøver å få flest mulig store fag til å være TUE. Klart å foretrekke. Selv om det er noen i prosjektgruppen som har mye erfaring knyttet til ett fag, vil en fortsatt foretrekke TUE.	Mindre fag, f.eks. flislegger er ikke nødvendig med TUE.
Ja. I regionen eksisterer det. Prater med kollegaene dine. I oppstart av prosjekter, erfaringsdeling mellom prosjekter. Erfaringsoverføringsmøter. Få aktører som arbeider i hele landet, derfor vanskelig med erfaringsdeling mellom regionene. Unntaket er for store prosjekter, hvor entreprenørene flytter på seg for å ta oppdrag.	Egen innkjøpsrolle i prosjekter. Prosjektleder og prosjekteringsleder har stor innflytelse på hvem som velges. Benytter også kompetanse fra innkjøper i eget selskap.	Ingen fasit på. Kommer helt an på erfaring på hvem som skal jobbe sammen. Risikobildet spiller også inn. Ønsker å binde opp risikoen til leverandørene. Hvis det er uerfarne aktører, vil det bli mye jobb uavhengig om det er valgt TUE eller UE. utfordringene ligger ofte ved forståelse av kontrakt og forventninger. Selv om det er noen i prosjektgruppen som har mye erfaring knyttet til ett fag, vil en fortsatt foretrekke TUE. Ønsker å minimere risiko, også et økonomisk aspekt.	Velger alltid TUE for teknisk. Store råbygg-entrepriser burde alltid utføres som TUE pga risiko/grensesnitt og gjennomføring. Her er det også stor grad av egenprosjektering/elementprosjektering.
Prosjektlederne deler informasjon om firmaer. Har en erfaringsbank hvor en samler vurderinger av entreprenører. Spør også UE-ene hvordan de opplevde jobben, samtidig som entreprenøren blir evaluert. Prosjektevalueringene blir sendt inn til innkjøp sentralt. I starten av prosjektene går en gjennom aktører, og får informasjon om hvilke aktører som kan være aktuelle.			Teknisk og prefab råbygg er TUE riktig å gjøre. Hva som fungerer, avhenger fra prosjekt til prosjekt. Prøver å få til TUE på grunnarbeider også, men møter motstand siden en kan tjene mye på kun utførelsesentrepriser for grunn på anleggssiden. En del usikkerhet knyttet til grunn i tillegg. Mange mindre fag som ikke trenger prosjektering.
Største UE inviteres til evalueringsmøte. NCC og UE diskuterer gjennom en liste med punkter, for å evaluere UE, samtidig som UE får evaluert NCC. Ender opp med en slutt karakter som lagres i en vurderingsbank. I store prosjekter og for kjente entreprenører evalueres arbeidet også midtveis i prosjektet, for å kunne korrigere mulige uoverensstemmelser. Entreprenørene er svært positive. Lagres i en innkjøpsportal som benyttes i tilbudsrunder i nye prosjekter.	Svært aktiv innkjøpsgruppe. Skal samle kontakt og kunnskap ut mot UE/TUE i markedet.	Åpen dialog er nøkkel. Jo flere som er involvert i en verdikjede, jo større sjans er det for at det oppstår feil. For 10-15 år siden, prøve firmaet å bestille elektriske komponenter fra Kina, og våtroms komponenter fra Spania. Dette ble satt sammen i Norge av respektive fag. Kunne bestille komponentene mye billigere enn materialbestillinger hos leverandører i Norge. Reklamasjon- og garantihåndteringen ble svært krevende. Krevde svært mange ressurser og mye logistikk. Møtte mye motstand i bransjen. Tok bort stor andel av inntektsgrunnlaget til elektro, fordi en kun bestilte tjenester, og ikke materialene også. Ble i stor grad uglesett av leverandører/entreprenører i Norge, og valgte å trekke seg fra å arbeide på denne måten. Kunne vært mulig å drive på denne måten hvis en hadde drevet serieproduksjon, og ikke produsert unikt for hvert prosjekt.	Ikke aktuelt å ta tekniske arbeidet som delte underentrepriser. For høy risiko. Selv om en har kompetansen innad i bedriften, ønsker en ikke å ta dette ekstra ansvaret når en kan fordele det til andre erfarne aktører. Ønsker å ha de største fagene som TUE. Vil ha tett dialog og åpenhet for å hjelpe hverandre. Færre kontrakter, færre ledd involvert – gir bedre gjennomføring. Er ute etter personene de har jobbet med før, ikke firmaene. Lettere å gjøre de gode løsningene med totalunderentrepriser.
Eksisterer en plattform for å dele erfaringer knyttet til UE i prosjekter. Registrer fortløpende leverandør-evalueringer i prosjektet, slik at en ikke skal glemme positive og negative opplevelser. Bruker plattformen til å kontrollere hva andre prosjekter har erfart med de forskjellige bedriftene.	Har en innkjøpsjef sentralt som først og fremst jobber i kalkulasjonsfasen, men kommer inn i prosjektene ved kjøp over en viss sum. Innkjøpsjef støtter prosjektleder ved kontraktinngåelser av leverandører. Prosjektleder gjør ellers innkjøpene.	Tror det i enda større grad blir mer inkludering av UE-er og rådgivere i planlegging fremover. Har tro på større kontrakter i fremtiden. Fungerer godt å skape et team med felles mål tidlig i prosjektene. Har samlinger tidlig i prosjektet, slik at de forskjellige fagene kan påvirke valg og løsninger. Når man blir bedre kjent er det enklere å si ifra når noe ikke er helt som det skal. Har møter med samarbeidspartnere annenhver uke i prosjektene, slik at man kan løse problemer, feider og uoverensstemmelser underveis, og slipper trøbbel til slutt. Ønsker å løse problemer sammen, ikke bare legge skyld på andre. Ønsker at UE skal tenke at det er så problemfritt å samarbeide med denne aktøren at de kan gi de beste tilbudene til dem. Ønsker å samle flere disipliner under samme selskap. Får bedre avtaler, og kun en aktør å kommunisere med for å håndtere kontrakter o.l. Forskjellige rådgivere fra denne bedriften er med i prosjektet, og kan kommunisere direkte med hverandre uten å måtte gå gjennom TE.	Tekniske fag, eventuelt råbygg og fasader. Hvordan en skal velge dette avhenger av størrelse på prosjekt og erfaring i prosjektgruppen.

C. Modelleringsplan grunnmodell Kværnertoppen

Aktiviteter:

	Aktivitet	Type	Arbeids- mengde (FTE- dager)	Posisjon	Planlagt varighet (dager)
1	Geoteknisk prosjektering	Mengde	288	RIG	107
2	Pæleplan	Mengde	67	RIB	100
3	Design fundamenter og kjeller Hus A	Mengde	41	RIB	74
4	Prosjektore Råbygg Hus A	Mengde	40	RIB	74
5	Prosjektering ventilasjon Hus A	Mengde	55	RIV	23
6	Prosjektering rør Hus A	Mengde	111	RIVVS	45
7	Prosjektering elektro Hus A	Mengde	111	RIE	45
8	Detaljtegninger, våtrom, snitt osv. Hus A	Mengde	106	ARK	111
9	Graving, spunting og pæler	Mengde	4805	UE Grunn	202
10	Prosjektering, produksjon og levering av betongelementer Hus A	Mengde	101	TUE prefabrikkert betong	120
11	Fundament og kjeller Hus A	Mengde	1630	Betongarbeider	90
12	Råbygg Hus A	Mengde	1940	Betongarbeider	100
13	Taktekking og «tett husarbeider» Hus A	Mengde	959	TUE tekking	110
14	Utvendig tømmer og fasader Hus A	Mengde	3840	UE tømmer	108
15	Rør-installasjoner i råbygg Hus A	Mengde	651	TUE-rør	105
16	EL-installasjoner i råbygg Hus A	Mengde	651	TUE-El	105
17	Ventilasjons- installasjoner i råbygg Hus A	Mengde	651	TUE-ventilasjon	105
18	Rør-installasjoner i tett hus A	Mengde	608	TUE-rør	112
19	EL-installasjoner i tett Hus A	Mengde	608	TUE-EL	112
20	Ventilasjons- installasjoner i tett Hus A	Mengde	608	TUE-ventilasjon	112
21	Innvendig arbeid, Hus A	Mengde	1955	UE tømmer	91
22	Levering og montering av baderomskabiner Hus A	Mengde	399	TUE-PREFAB baderomskabiner	87
23	Heisleverandør og montasje Hus A	Mengde	27	TUE-heis	15

24	Design fundamenter og kjeller Hus B og C	Mengde	36	RIB	74
25	Prosjektore Råbygg Hus B	Mengde	36	RIB	74
26	Prosjektering ventilasjon Hus B	Mengde	53	RIV	23
27	Prosjektering rør Hus B	Mengde	108	RIVVS	45
28	Prosjektering elektro Hus B	Mengde	108	RIE	45
29	Detaljtegninger, våtrom, snitt osv. Hus B	Mengde	108	ARK	111
30	Prosjektering, produksjon og levering av betong-elementer Hus B og C	Mengde	136	TUE prefabrikkert betong	170
31	Fundament og kjeller Hus B og C	Mengde	1780	Betongarbeider	90
32	Råbygg Hus B	Mengde	1917	Betongarbeider	100
33	Taktekking og «tett husarbeider»	Mengde	1004	TUE tekking	110
34	Utvendig tømmer og fasader Hus B	Mengde	2600	UE tømmer	108
35	Rør-installasjoner i råbygg Hus B	Mengde	693	TUE-rør	105
36	EL-installasjoner i råbygg Hus B	Mengde	693	TUE-El	105
37	Ventilasjonsinstallasjoner i råbygg Hus B	Mengde	693	TUE-ventilasjon	105
38	Rør-installasjoner i tett hus B	Mengde	608	TUE-rør	112
39	EL-installasjoner i tett Hus B	Mengde	608	TUE-EL	112
40	Ventilasjonsinstallasjoner i tett Hus B	Mengde	608	TUE-ventilasjon	112
41	Innvendig arbeid Hus B	Mengde	1530	UE tømmer	91
42	Levering og montering av baderomskabiner Hus B	Mengde	373	TUE-PREFAB baderomskabiner	87
43	Heisleverandør og montasje Hus B	Mengde	27	TUE-heis	15
44	Prosjektore Råbygg Hus C	Mengde	44	RIB	74
45	Prosjektering ventilasjon Hus C	Mengde	53	RIV	23
46	Prosjektering rør Hus C	Mengde	108	RIVVS	45
47	Prosjektering elektro Hus C	Mengde	108	RIE	45
48	Detaljtegninger, våtrom, snitt osv. Hus C	Mengde	118	ARK	111
49	Råbygg Hus C	Mengde	1768	Betongarbeider	80

50	Taktekking og «tett hus-arbeider»	Mengde	984	TUE tekking	110
51	Utvendig tømmer og fasader Hus C	Mengde	2450	UE tømmer	108
52	Rør-installasjoner i råbygg Hus C	Mengde	651	TUE-rør	105
53	EL-installasjoner i råbygg Hus C	Mengde	651	TUE-El	105
54	Ventilasjons-installasjoner i råbygg Hus C	Mengde	651	TUE-ventilasjon	105
55	Rør-installasjoner i tett hus C	Mengde	638	TUE-rør	112
56	EL-installasjoner i tett Hus C	Mengde	638	TUE-EL	112
57	Ventilasjons-installasjoner i tett Hus C	Mengde	638	TUE-ventilasjon	112
58	Innvendig arbeid Hus C	Mengde	1640	UE tømmer	91
59	Levering og montering av baderomskabiner Hus C	Mengde	362	TUE-PREFAB baderomskabiner	87
60	Heisleverandør og montasje Hus C	Mengde	27	TUE-heis	15
61	Brannløsninger	Mengde	42	RIBr	46
62	Bygningsfysiske løsninger	Mengde	12	RIByfy	13
63	Akustiske løsninger	Mengde	41	RIA	37
64	Romløsninger, vindu- og dørskjema, materialvalg	Mengde	471	ARK	133
65	Utomhus	Mengde	624	LARK	248
66	Utomhusarbeider	Mengde	1800	UE-anleggsgartner	250
67	Plantegning infrastruktur, overvann, påkobling vann	Mengde	25	RIVA	31
68	Graving kabelgrøfter, VA-grøfter	Mengde	34	UE grunn	35
69	Påkobling vannett, infrastruktur	Mengde	156	TUE-rør	50
70	Overvannshåndtering	Mengde	96	UE -anleggsgartner	100
71	Rigg og drift	Tilsyn	5 (FTE)	UE - Riggerarbeider	704
72	Befaring med BH	Tilsyn	0,05 (FTE)	Prosjektleder	158
73	Overlevering	Tilsyn	0,05 (FTE)	Prosjektleder	132
74	Innsending søknader Hus A	Tilsyn	0,1 (FTE)	Prosjekteringsleder	Halve prosjektet
75	Innsending søknader Hus B og C	Tilsyn	0,1 (FTE)	Prosjekteringsleder	Halve prosjektet
76	Kostnadsrapportering	Tilsyn	0,1 (FTE)	Innkjøpsansvarlig	Hele prosjektet
77	Fakturering	Tilsyn	0,1 (FTE)	Innkjøpsansvarlig	Hele prosjektet
78	Endre bestillinger	Tilsyn	0,1 (FTE)	Ansvarlig for endringer	Hele prosjektet
79	Tidsplanlegging – fremdriftsrapportering	Tilsyn	0,1 (FTE)	Prosjektleder	Hele prosjektet

80	Safety coordination, HMS	Tilsyn	0,15 (FTE)	HMS/KS- ansvarlig	Hele prosjektet
81	Dokumentstyring	Tilsyn	0,1 (FTE)	Prosjektleder	Hele prosjektet

Milepæler:

	Milepæl	Planlagt dato	Forgjenger	Etterfølger
1	Prosjekteringsstart	08.11.2016	-	- Geoteknisk prosjektering - Rigg og drift
2	Produksjonsstart	27.02.2017	-	- Graving, spunting og pæler
3	Fullført prosjektering Hus A	10.11.2017	-Detaljtegninger, våtrom, snitt osv. Hus A	-
4	Hus A fullført	03.12.2018	- Tekniske installasjoner i tett Hus A	-
5	Fullført prosjektering Hus B	21.02.2018	-Detaljtegninger, våtrom, snitt osv. Hus B	-
6	Hus B fullført	23.05.2019	- Tekniske installasjoner i tett Hus B	-
7	Fullført prosjektering Hus C	04.06.2018	-Detaljtegninger, våtrom, snitt osv. Hus C	-
8	Hus C fullført	26.09.2019	- Tekniske installasjoner i tett Hus C	-
9	Utomhus fullført	18.09.2019	- Utomhusarbeider	-
10	Prosjektslutt	22.11.2019	- Overlevering	-

Organisasjon:

	Posisjon	FTE	Rolle	Lønn (kr/h)	Erfaring	Aktivitets Assigned	Sjef/leder
1	Byggherre-representant	1	ST	-	Medium	-	-
2	Koordinator prosjektering	1	ST	-	Medium	-	Byggherre-representant
3	Koordinator utførelse	1	ST	-	Medium	-	Byggherre-representant
4	Prosjektleder	1	PM	380	Medium	- Befaring - Dokumentstyring - Overlevering - Fremdrifts-planlegging	Byggherre-representant
5	Innkjøpsansvarlig	1	PM	380	Medium	- Fakturering - Kostnads-rapportering	Prosjekt- leder
6	HMS- og KS	1	PM	380	Medium	- HMS-arbeid	Prosjekt- leder
7	Ansvarlig for endringer	1	PM	380	Medium	- Endre bestillinger	Prosjekt- leder

8	Produksjonsleder	1	PM	380	Medium	-	Prosjektleder
9	Prosjekteringsleder	1	PM	380	Medium	- Innsendinger søknader Hus A, B og C	Prosjektleder
10	Støtte teknisk	1	SL	380	Medium	-	Design leader
11	RIB	2	SL	1100, Lønn lagt inn i aktivitet 3,9 mill	Medium	- Peleplan - Prosjektering fundament og kjeller Hus A, B og C - Prosjektering råbygg Hus A, B og C	Design leader
12	Arkitekt (ARK)	4	SL	1100, Lønn lagt inn i aktivitet 11 mill	Medium	- Detaljtegning Hus A, B og C - Romløsning, vindu-/dørskjema og materialvalg	Design leader
13	TUE-EL	20	ST	450, Resten av kostnad i aktivitet 25,5 mill	Medium	- EL-installasjoner i råbygg og tett bygg Hus A, B og C	Formann teknisk
14	RIE (TUE-EL)	3	SL	1100, Lønn i aktivitet	Medium	- Prosjektering EL Hus A, B og C	TUE EL
15	TUE-vent	20	ST	450, Resten av kostnad i aktivitet 11,4 mill	Medium	- Ventilasjonsinstallasjoner i råbygg og tett bygg Hus A, B og C	Formann teknisk
16	RIV (TUE-vent)	3	SL	1100, Lønn i aktivitet	Medium	- Prosjektering vent Hus A, B og C	TUE Vent
17	RIBr	1	SL	1100, Lønn i aktivitet 0,4 mill	Medium	- Prosjektore brannløsninger	ARK
18	RIBfy	1	SL	1100, Lønn i aktivitet 0,1 mill	Medium	- Prosjektore bygningsfysiske løsninger	ARK

19	LARK	3	SL	1100, Lønn i aktivitet 2 mill	Medium	- Prosjektore Utomhus	Design leader
20	RIA	1	SL	1100, Lønn i aktivitet 0,3 mill	Medium	- Prosjektore akustiske løsninger	ARK
21	RIG	3	SL	1100, Lønn i aktivitet 2,6 mill	Medium	- Geoteknisk prosjektering	Design leader
22	RIM	1	SL	-	Medium	-	Design leader
23	TUE-rør	20	ST	450, Resten av kostnad i aktivitet 27,3 mill	Medium	- Rørinstallasjoner i råbygg og tett bygg Hus A, B og C - Påkobling vannett	Formann teknisk
24	RIVVS (TUE-rør)	3	SL	1100, Lønn i aktivitet	Medium	- Prosjektering rør Hus A, B og C	TUE rør
25	RIVA	1	SL	1100, Lønn i aktivitet 0,25 mill	Medium	- Plantegning overvann, infrastruktur, påkobling vann	Design leader
26	TUE-PREFAB baderomskabiner	12	ST	Kostnad i aktivitet 17,6 mill	Medium	- Prosjektore, produsere og levere baderoms- kabiner	Formann 2
27	TUE-Heis	2	ST	Kostnad i aktivitet 5,2 mill	Medium	- Heis Hus A, B og C	Formann 1
28	Formann betong	1	SL	380	Medium	-	Produksjons -leder
29	Betongarbeider	70	ST	500 Resten av kostnad i aktivitet	Medium	- Fundament og kjeller Hus A, B og C - Råbygg Hus A, B og C	Formann betong
30	TUE PREFAB betong	2	ST	Kostnad i aktivitet 17 mill	Medium	- Prosjektore, produsere og levere betong- elementer	Formann betong

31	Formann grunn	1,5	PM	380	Medium	-	Produksjons- leder
32	UE grunn	30	ST	550 Resten av kostnad i aktivitet	Medium	- Graving, spunting og peler - Grave kabelgrøfter	Formann grunn
33	Formann tømmer	1	SL	380	Medium	-	Produksjons- leder
34	UE Tømrere	70	ST	400 Resten av kostnad i aktivitet	Medium	- Innvendig arbeid Hus A, B og C - Utvendig tømmer og fasade Hus A, B og C	Formann tømmer
35	Formann teknisk	1	SL	380	Medium	-	Produksjons- leder
36	Formann 1	1,5	PM	380	Medium	-	Produksjons- leder
37	Formann 2	1	SL	380	Medium	-	Produksjons- leder
38	UE Riggerarbeider	7	ST	Kostnad i aktivitet 45,3 mill	Medium	- Riggerarbeider	Formann 1
39	TUE Tekking	16	ST	Kostnad i aktivitet 4,4 mill	Medium	- Taktekking og «tett hus»- arbeider Hus A, B og C	Formann tømmer
40	UE Anleggsgartner	12	ST	500 Resten av kostnad i aktivitet	Medium	- Utomhus - Overvanns- håndtering	Formann 2
41	Oslo kommune	1	ST	-	Medium	-	-
42	Naboer	1	ST	-	Medium	-	-
43	Bymiljøetat	1	ST	-	Medium	-	-

Møter:

	Møter	Varighet	Frekvens	Medlemmer	Start	Slutt
1	Prosjekterings- møte	2h	Annenhver uke	BH, TE, TUE og rådgivere	Prosjektstart	Slutt produksjon
2	Detalj- prosjektering	1h	Ved behov – Hver tredje uke	TE, TUE og rådgivere	Prosjektstart	Slutt prosjektering

3	Teknisk sær møte	1h	Ved behov – Hver uke	TE, TUE og rådgivere tekniske fag	Produksjons- start	Slutt produksjon
4	Møte mellom TE og arkitekt/ beslutningsmøte	1h	Ved behov. Annenhver uke	TE, BH og ARK	Prosjektstart	Fullført prosjektering Hus A
5	Produksjon-/ fremdriftsmøter	1,5h	Annenhver uke	TE og UE	Start produksjon	Slutt produksjon
6	Vernerunde	0,5h	Annenhver uke	HMS og utførende UE	Start produksjon	Slutt produksjon
7	Kontrakts- gjennomgang UE	1h	Etter kjøp. Hver uke	TE, UE og rådgivere	Prosjektstart	Start produksjon
8	Oppstartsmøte UE	1h	Ved behov – Hver fjerde uke.	TE og UE	Start produksjon	Fullført prosjektering Hus A
9	Internmøter (TE)	1h	Hver uke	TE	Start produksjon	Slutt produksjon
10	Daglig informasjon	0,25h	Daglig	UE og formenn	Start produksjon	Slutt produksjon
11	Byggemøter	1h	Ved behov – Hver fjerde uke	UE og formenn	Start produksjon	Slutt produksjon

D. Scenarioplan

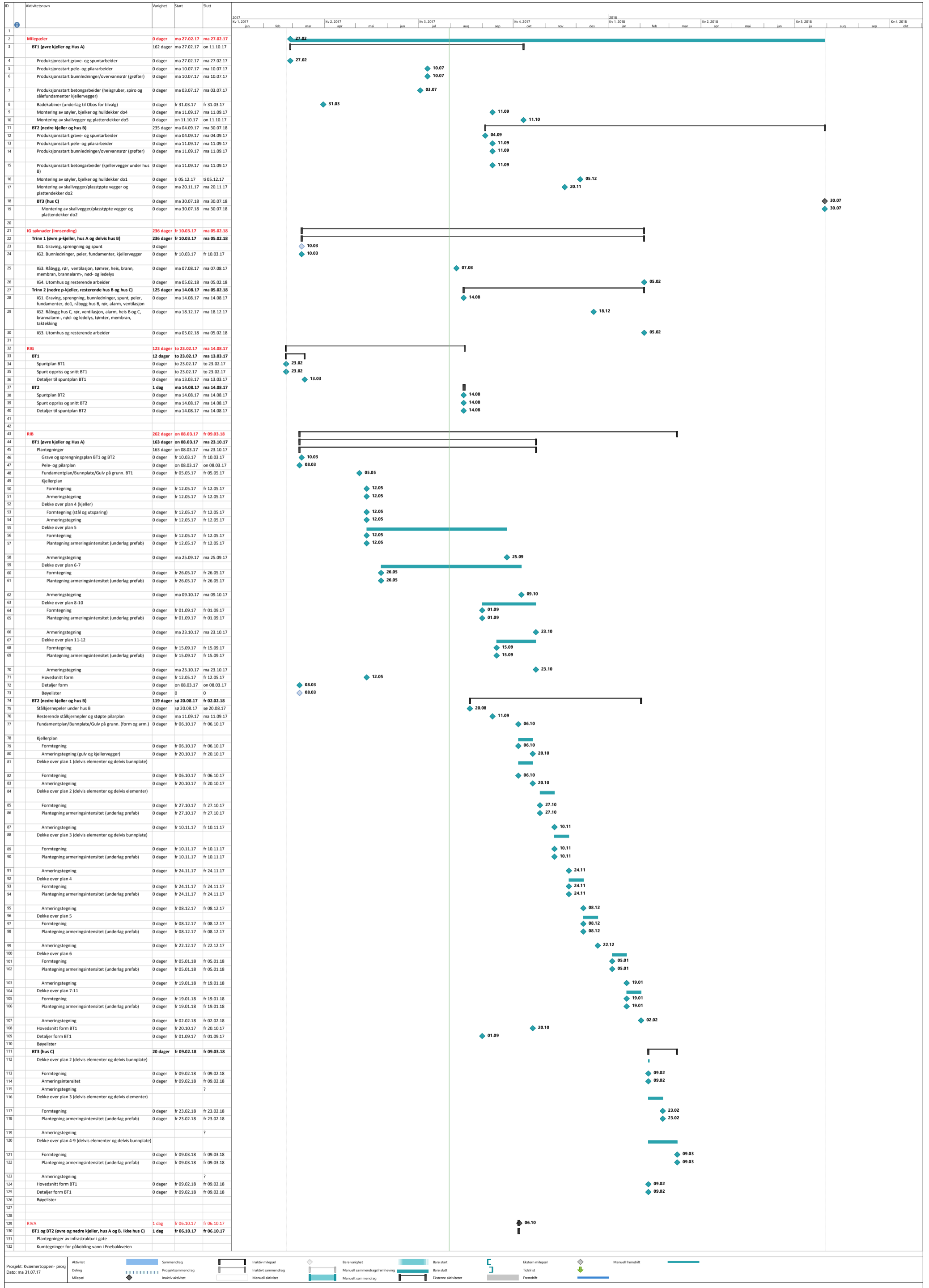
Scenario	Hva skal endres?	Hvordan?	Forventet resultat
1. Ingen TUE. Alle UE-ene har separat prosjektering og utførelse.	Organisasjon	Alle rådgivere under prosjekteringsleder. Endre navn fra TUE til UE. RIV lagt til 3FTE, UE Vent: 20FTE	Forventet at mengden koordinasjonstid går opp som følge av flere koblinger. Kostnaden kan gå noe ned, men avhenger av økning av varighet eller ikke. Mengden decision wait forventes å gå opp siden det er forventet en større belastning på prosjektgruppen.
	Møter	Kun rådgivere i prosjekteringsmøter og detaljprosjektering. Legg til rådgivere i kontraktsmøter.	
	Oppgaver	Utvide design-oppgaver for gjeldende fag. <ul style="list-style-type: none"> - Betongelementer: konstant - RIB: +8 dager per oppgave (ca. 20%) - RIE, RIVVS, RIV: konstant - ARK: +10% - Baderom: konstant 	
	Kostnader	Minke kostnader for tidligere TUE, risikopremie. <ul style="list-style-type: none"> - Betongelementer -15% (ca. 10.000 per aktivitet) - Teknisk: -10% per aktivitet - Tekking: - 20% per aktivitet - Heis: -10% per aktivitet - Baderom: -15% per aktivitet Lønn: <ul style="list-style-type: none"> - UE tekking: 500kr/h, kostnad trukket fra i aktiviteter 	
	Rework/ Kommunikasjon	Kommunikasjonskobling: <ul style="list-style-type: none"> - Mellom teknisk prosjektering. Rework-kobling: <ul style="list-style-type: none"> - Baderom-detaljtegning (2h) 	
2. Kun TUE, uten rådgivere i møter.	Organisasjon	LARK under anleggsgartner, RIG under UE grunn.	Prosjektet kan muligens kortes ned pga. mindre koord og decision wait. Antar at kostnaden blir høyere pga dyrere kontrakter, men
	Møter	Ingen av TUEs rådgivere i møter, bortsett fra teknisk særmøte. <ul style="list-style-type: none"> - TUE grunn og TUE gartner på detaljprosjektering: 2% 	

		<ul style="list-style-type: none"> - TUE grunn med på prosjekteringsmøte 5% - TUE gartner med på prosjekteringsmøte 10% 	usikker på om dette går opp i opp med minket tidsbruk. Mindre belastning på prosjektledelsen.	
	Oppgaver	Endring av ansvar <ul style="list-style-type: none"> - RIG ansvarlig for pæleplan. 5FTE, 20% pæleplan, 60% geoteknisk design 		
	Kostnader	Øk kostnad pga. risikopremie. <ul style="list-style-type: none"> - Risikopremie på 20% for grunn - Risikopremie på 15% for utomhusarbeidet 		
	Rework/kommunikasjon	Mindre kommunikasjon, endre rework-koblinger <ul style="list-style-type: none"> - Fjern kommunikasjonskobling mellom geoteknisk design og pæleplan - Rework-kobling geoteknisk design og graving, spunt og peling = 0.5h - Rework-kobling utomhusarbeid og overvann til utomhus = 0.25h 		
3.	TUEs prosjekterende deltar på prosjekteringsmøter	Samme som 3, men legg til TUEs rådgivere i prosjekteringsmøter	Mindre koordinasjons- og beslutningstid. Minimal økning i prosjektets varighet.	
4.	Kun TUEs prosjekterende deltar på prosjekteringsmøter	Samme som 4, men fjern TUE fra prosjekteringsmøtene	Usikkert. Forventet liten effekt.	
5.	Fjern teknisk koordineringsmøter. (Utgangspunkt i grunnmodell).	Møter	Fjern møtet, og se hvordan dette påvirker de tekniske oppgavens arbeidsmengde.	Usikkert. Forventes mer koordinasjon- og beslutningstid.
6.	Høy UE-deltakelse på møter (Grunnmodell)	Møter	Øk UEs deltagelse på møter til 20%	Økning i prosjektets varighet, møter. Mindre rework og koordineringstid.

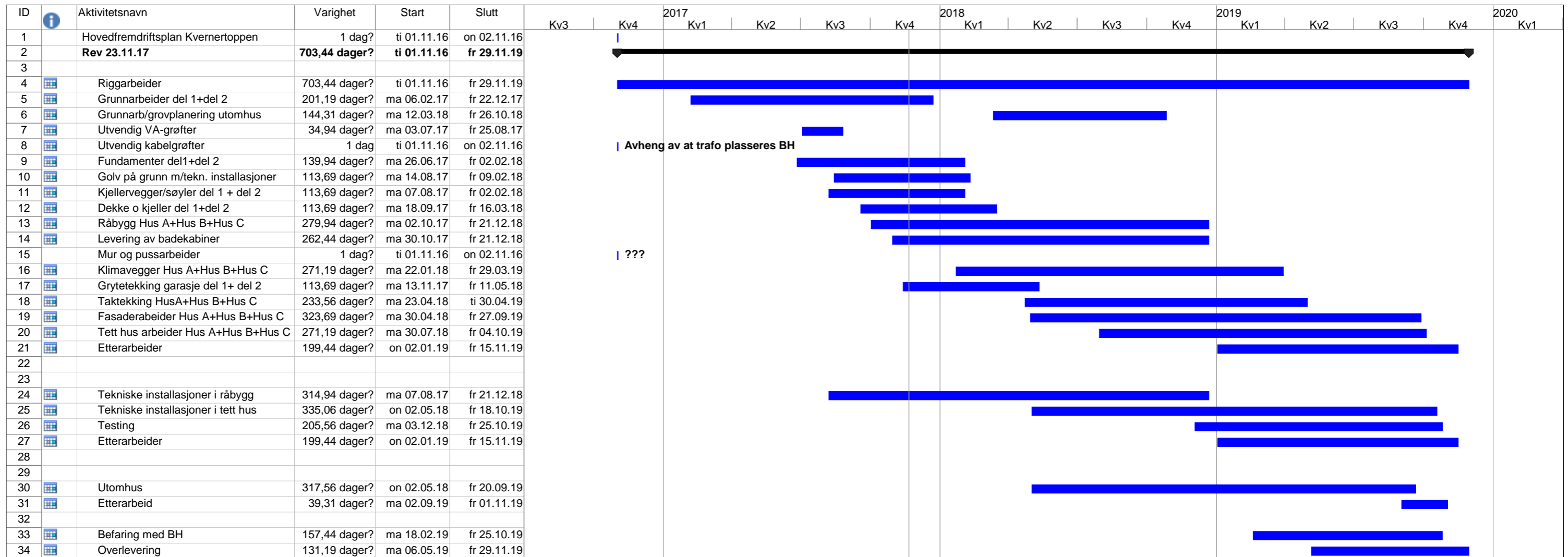
E. Oversikt over sammenslåtte aktiviteter og aktører

Ekte aktører	Modellert posisjon	Aktiviteter fra prosjektplaner	Modellert aktivitet
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riggerarbeider ▪ Kranførere 	UE Riggerarbeider	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fundamenter ▪ Golv på grunn ▪ Kjellervegger/søyler ▪ Dekke over kjeller 	Fundament og kjeller
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grunnarbeider ▪ UE Spunt og peler ▪ Pelearbeider ▪ UE Asfalt 	UE Grunn	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Taktekking ▪ Montasje yttervinduer og dører ▪ Membranarbeider 	Taktekking & «Tett hus»-arbeid
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tømrerarbeider ▪ UE Mur og puss ▪ Flisarbeider ▪ UE Systemhimling ▪ UE Lås og beslag ▪ UE Systemvegger ▪ Blikkenslager ▪ UE Glassfasader ▪ UE Trapper ▪ Maler ▪ UE avretting ▪ UE Parkett 	UE Tømmer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utvendig tømmer ▪ Tømmer tak ▪ Fasadearbeid ▪ Maling ▪ Glassfasader ▪ Blikkenslager 	Utvendig tømmer og fasader
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Taktekker ▪ UE Vindu ▪ UE Dører 	TUE Tekking	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innredning ▪ Systemhimlinger og vegger ▪ Branntetting ▪ Fuging og maling ▪ Lås og beslag ▪ Trapper og rekkverk 	Innvendig arbeid
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Betongarbeider ▪ UE På-støp 	Betongarbeider/-montør		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ TUE prefabrikkerte kjellerelementer ▪ TUE prefabrikkerte hulldekker 	TUE Prefabrikkert betong		

F. Prosjekteringsplan Kværnertoppen



G. Hovedfremdriftsplan Kværnertoppen



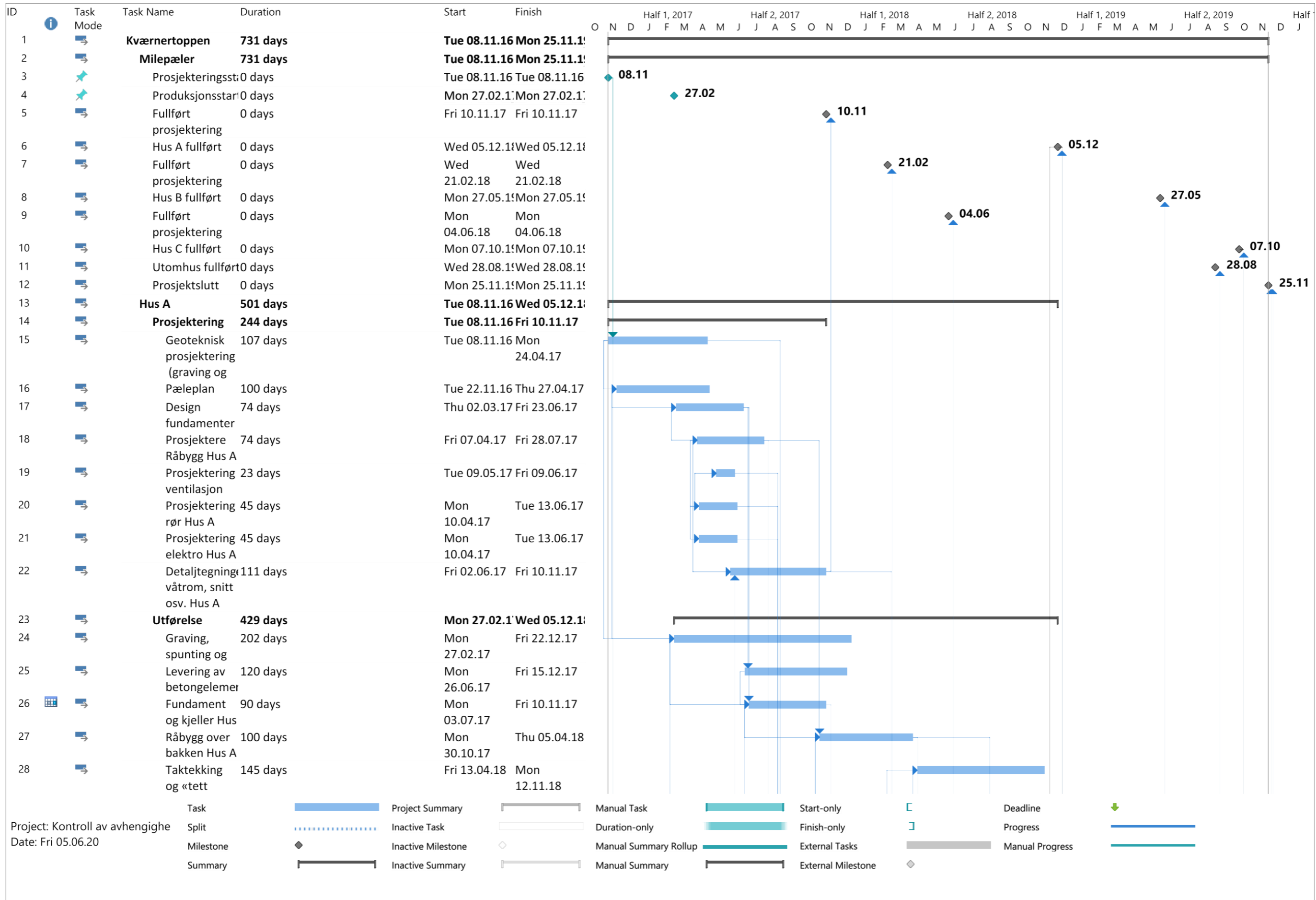
| Avheng av at trafo plasseres BH

| ???

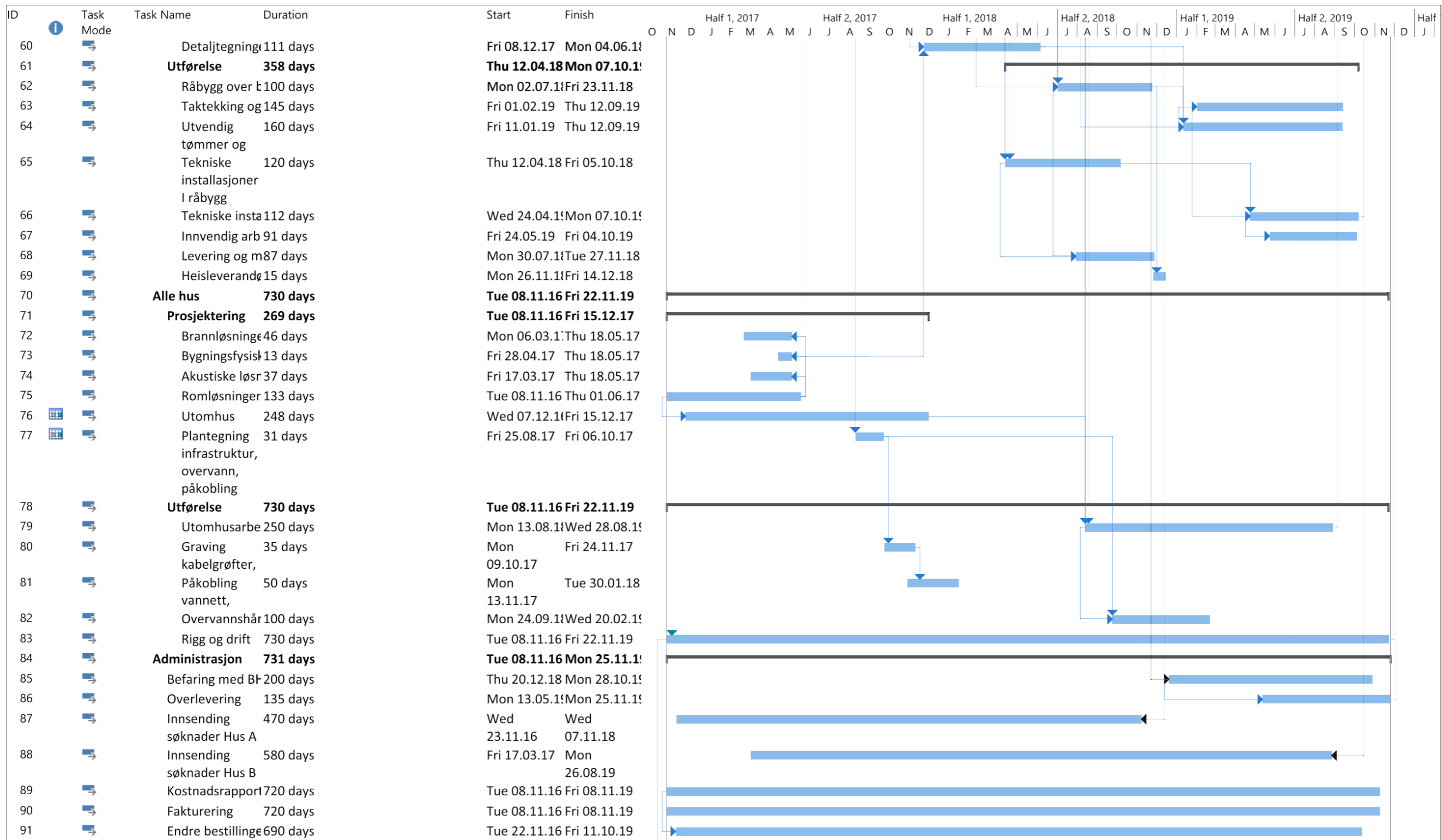
Prosjekt: Hovedfremdriftsplan Kverner
Dato: ti 21.11.17

Aktivitet	[Blå linje]	Eksterne aktiviteter	[Gul linje]	Bare varighet	[Svart linje]	Manuell sammendragsfremheving	[Rosa linje]	Eksterne aktiviteter	[Blå diamant]
Deling	[Blå prikk]	Ekstern milepæl	[Gul diamant]	Manuelt sammendrag	[Svart rektangel]	Fremdrift	[Rosa rektangel]	Ekstern milepæl	[Blå rektangel]
Milepæl	[Blå diamant]	Inaktiv milepæl	[Gul rektangel]	Bare start	[Svart prikk]	Tidsfrist	[Rosa rektangel]		[Blå rektangel]
Sammendrag	[Blå linje med piler]	Inaktivt sammendrag	[Gul prikk]	Bare slutt	[Svart rektangel]				[Blå rektangel]
Prosjektsammendrag	[Blå linje med piler]	Manuell aktivitet	[Gul rektangel]						[Blå rektangel]

H. Kombinert hovedfremdrifts- og prosjekteringsplan







Project: Kontroll av avhengighe
Date: Fri 05.06.20

Task		Project Summary		Manual Task		Start-only		Deadline	
Split		Inactive Task		Duration-only		Finish-only		Progress	
Milestone		Inactive Milestone		Manual Summary Rollup		External Tasks		Manual Progress	
Summary		Inactive Summary		Manual Summary		External Milestone			

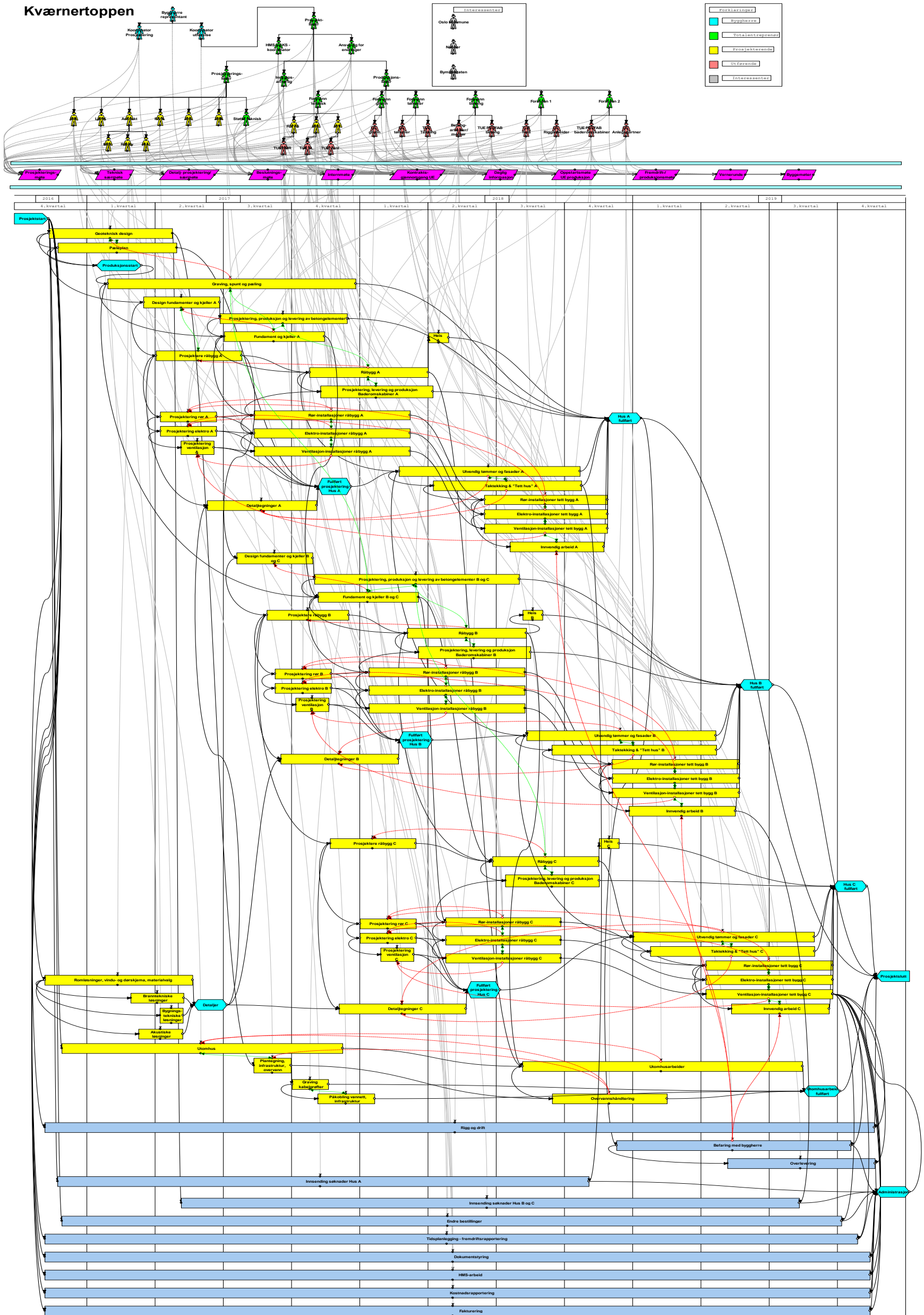
ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	
92		Tidsplanlegging	715 days	Tue 08.11.16	Fri 01.11.19	
93		Safety coordination,	730 days	Tue 08.11.16	Fri 22.11.19	
94		Dokumentstyring,	730 days	Tue 08.11.16	Fri 22.11.19	

Project: Kontroll av avhengighe
Date: Fri 05.06.20


Task		Project Summary		Manual Task		Start-only		Deadline	
Split		Inactive Task		Duration-only		Finish-only		Progress	
Milestone		Inactive Milestone		Manual Summary Rollup		External Tasks		Manual Progress	
Summary		Inactive Summary		Manual Summary		External Milestone			

I. Grunnmodell for Kværnertoppen

Kværnertoppen




J. Oversikt over posisjoner i grunnmodell


 Position	Name	Role	Application Experience	FTE	Salary
1	Byggherre representant	ST	Medium	1	0
2	Koordinator Prosjektering	ST	Medium	1	0
3	Koordinator utførelse	ST	Medium	1	0
4	Prosjekt- leder	PM	Medium	1	380
5	Ansvarlig for endringer	PM	Medium	1	380
6	HMS og KS - koordinator	PM	Medium	1	380
7	Innkjøps- ansvarlig	PM	Medium	1	380
8	Produksjons- leder	PM	Medium	1	380
9	Prosjekterings- leder	PM	Medium	1	380
10	Arkitekt	SL	Medium	4	0
11	RIBr	SL	Medium	1	0
12	RIByfy	SL	Medium	1	0
13	LARK	SL	Medium	3	0
14	RIA	SL	Medium	1	0
15	RIG	SL	Medium	3	0
16	RIE	SL	Medium	3	0
17	RIM	SL	Medium	1	0
18	Støtte teknisk	SL	Medium	1	380
19	RIVA	SL	Medium	1	0
20	RIVVS	SL	Medium	3	0
21	Formann teknisk	SL	Medium	1	380
22	Formann grunn	PM	Medium	1.5	380
23	Formann tømmer	SL	Medium	1	380
24	Formann betong	SL	Medium	1	380
25	Formann 1	PM	Medium	1.5	380
26	Formann 2	SL	Medium	1	380
27	TUE RØR	ST	Medium	20	450
28	TUE EL	ST	Medium	20	450
29	TUE Vent	ST	Medium	20	450
30	UE grunn	ST	Medium	30	550
31	UE tømmer	ST	Medium	70	400
32	TUE PREFAB betong	ST	Medium	2	0
33	UE Anlegsgartner	ST	Medium	12	500
34	TUE Tekking	ST	Medium	16	0
35	UE Riggerarbeider	ST	Medium	7	450
36	TUE PREFAB baderomskabiner	ST	Medium	12	0
37	TUE heis	ST	Medium	2	0
38	Betong- arbeider/ montør	ST	Medium	70	500
39	Oslo kommune	ST	Medium	1	0
40	Naboer	ST	Medium	1	0
41	Bymiljøetaten	ST	Medium	1	0
42	RIB	SL	Medium	2	0
43	RV	SL	Medium	3	0

K. Oversikt over aktiviteter i grunnmodell

Task	Name	Priority	Work		Assignment	Skills	Requirement Complexity	Solution Complexity	Uncertainty	Cost Rate	Units
			Type	Units							
1	Prosjektere råbygg A	Medium	40	Days	RIB	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
2	Geoteknisk design	Medium	288	Days	RIG	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
3	Pæleplan	Medium	67	Days	RIB	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
4	Design fundamenter og kjeller A	Medium	41	Days	RIB	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
5	Prosjektering rør A	Medium	111	Days	RIVVS	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
6	Prosjektering elektro A	Medium	111	Days	RIE	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
7	Prosjektering ventilasjon A	Medium	55	Days	RIV	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
8	Detaljtegninger A	Medium	106	Days	Arkitekt	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
9	Graving, spunt og pæling	Medium	4805	Days	UE grunn	Generic	Medium	Medium	Medium	25112	Days
10	Fundament og kjeller A	Medium	1630	Days	Betongarbeider/-montør	Generic	Medium	Medium	Medium	23423	Days
11	Råbygg A	Medium	1940	Days	Betongarbeider/-montør	Generic	Medium	Medium	Medium	23423	Days
12	Taktekking & "Tett hus" A	Medium	959	Days	TUE Tekking	Generic	Medium	Medium	Medium	34410	Days
13	Utvendig tømmer og fasader A	Medium	3840	Days	UE tømmer	Generic	Medium	Medium	Medium	55554	Days
14	Rør-installasjoner råbygg A	Medium	651	Days	TUE RØR	Generic	Medium	Medium	Medium	22000	Days
15	Rør-installasjoner tett bygg A	Medium	608	Days	TUE RØR	Generic	Medium	Medium	Medium	22000	Days
16	Innvendig arbeid A	Medium	1955	Days	UE tømmer	Generic	Medium	Medium	Medium	91937	Days
17	Prosjektering, levering Baderomskabiner A	Medium	399	Days	TUE baderomskabiner	Generic	Medium	Medium	Medium	67637	Days
18	Heis A	Medium	27	Days	TUE heis	Generic	Medium	Medium	Medium	101274	Days
19	Elektro-installasjoner råbygg A	Medium	651	Days	TUE EL	Generic	Medium	Medium	Medium	21000	Days
20	Ventilasjon-installasjoner råbygg A	Medium	651	Days	TUE Vent	Generic	Medium	Medium	Medium	4000	Days
21	Elektro-installasjoner tett bygg A	Medium	608	Days	TUE EL	Generic	Medium	Medium	Medium	21000	Days
22	Ventilasjon-installasjoner tett bygg A	Medium	608	Days	TUE Vent	Generic	Medium	Medium	Medium	4000	Days
23	Design fundamenter og kjeller B og C	Medium	36	Days	RIB	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
24	Prosjektere råbygg B	Medium	36	Days	RIB	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
25	Prosjektering rør B	Medium	108	Days	RIVVS	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
26	Prosjektering elektro B	Medium	108	Days	RIE	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
27	Prosjektering ventilasjon B	Medium	53	Days	RIV	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
28	Detaljtegninger B	Medium	108	Days	Arkitekt	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
29	Fundament og kjeller B og C	Medium	1780	Days	Betongarbeider/-montør	Generic	Medium	Medium	Medium	23423	Days
30	Råbygg B	Medium	1917	Days	Betongarbeider/-montør	Generic	Medium	Medium	Medium	23423	Days
31	Taktekking & "Tett hus" B	Medium	1004	Days	TUE Tekking	Generic	Medium	Medium	Medium	34410	Days
32	Utvendig tømmer og fasader B	Medium	2600	Days	UE tømmer	Generic	Medium	Medium	Medium	55554	Days
33	Rør-installasjoner råbygg B	Medium	693	Days	TUE RØR	Generic	Medium	Medium	Medium	22000	Days
34	Rør-installasjoner tett bygg B	Medium	608	Days	TUE RØR	Generic	Medium	Medium	Medium	22000	Days
35	Innvendig arbeid B	Medium	1530	Days	UE tømmer	Generic	Medium	Medium	Medium	91937	Days
36	Prosjektering, levering Baderomskabiner B	Medium	373	Days	TUE baderomskabiner	Generic	Medium	Medium	Medium	67637	Days
37	Heis B	Medium	27	Days	TUE heis	Generic	Medium	Medium	Medium	101274	Days
38	Elektro-installasjoner råbygg B	Medium	693	Days	TUE EL	Generic	Medium	Medium	Medium	21000	Days
39	Ventilasjon-installasjoner råbygg B	Medium	693	Days	TUE Vent	Generic	Medium	Medium	Medium	4000	Days
40	Elektro-installasjoner tett bygg B	Medium	608	Days	TUE EL	Generic	Medium	Medium	Medium	21000	Days
41	Ventilasjon-installasjoner tett bygg B	Medium	608	Days	TUE Vent	Generic	Medium	Medium	Medium	4000	Days
42	Prosjektere råbygg C	Medium	44	Days	RIB	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
43	Prosjektering rør C	Medium	108	Days	RIVVS	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
44	Prosjektering elektro C	Medium	108	Days	RIE	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
45	Prosjektering ventilasjon C	Medium	53	Days	RIV	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
46	Detaljtegninger C	Medium	118	Days	Arkitekt	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
47	Råbygg C	Medium	1768	Days	Betongarbeider/-montør	Generic	Medium	Medium	Medium	23423	Days
48	Taktekking & "Tett hus" C	Medium	984	Days	TUE Tekking	Generic	Medium	Medium	Medium	34410	Days
49	Utvendig tømmer og fasader C	Medium	2450	Days	UE tømmer	Generic	Medium	Medium	Medium	55554	Days
50	Rør-installasjoner råbygg C	Medium	651	Days	TUE RØR	Generic	Medium	Medium	Medium	22000	Days
51	Rør-installasjoner tett bygg C	Medium	638	Days	TUE RØR	Generic	Medium	Medium	Medium	22000	Days
52	Innvendig arbeid C	Medium	1640	Days	UE tømmer	Generic	Medium	Medium	Medium	91937	Days
53	Prosjektering, levering Baderomskabiner C	Medium	362	Days	TUE baderomskabiner	Generic	Medium	Medium	Medium	67637	Days
54	Heis C	Medium	27	Days	TUE heis	Generic	Medium	Medium	Medium	101274	Days
55	Elektro-installasjoner råbygg C	Medium	651	Days	TUE EL	Generic	Medium	Medium	Medium	21000	Days
56	Ventilasjon-installasjoner råbygg C	Medium	651	Days	TUE Vent	Generic	Medium	Medium	Medium	4000	Days
57	Elektro-installasjoner tett bygg C	Medium	638	Days	TUE EL	Generic	Medium	Medium	Medium	21000	Days
58	Ventilasjon-installasjoner tett bygg C	Medium	638	Days	TUE Vent	Generic	Medium	Medium	Medium	4000	Days
59	Romløsninger, vindu- og dørskjema ...	Medium	471	Days	Arkitekt	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
60	Branntekniske løsninger	Medium	42	Days	RIBr	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
61	Bygnings- tekniske løsninger	Medium	12	Days	RIBfyf	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
62	Akustiske løsninger	Medium	41	Days	RIA	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
63	Utomhus	Medium	624	Days	LARK	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
64	Plantegning, infrastruktur, overvann	Medium	25	Days	RIVA	Generic	Medium	Medium	Medium	8250	Days
65	Graving kabelgrøfter	Medium	34	Days	UE grunn	Generic	Medium	Medium	Medium	137000	Days
66	Påkobling vannett, infrastruktur	Medium	156	Days	TUE RØR	Generic	Medium	Medium	Medium	22000	Days
67	Utomhusarbeider	Medium	1800	Days	UE Anlegsgartner	Generic	Medium	Medium	Medium	47368	Days
68	Overvannshåndtering	Medium	96	Days	UE Anlegsgartner	Generic	Medium	Medium	Medium	47368	Days
69	Rigg og drift	Medium	5	FTEs	UE Riggerarbeider	Generic	Medium	Medium	Medium	45268	Days
70	Befaring med byggherre	Medium	0.05	FTEs	Prosjekt- leder	Generic	Medium	Medium	Medium	-	Days
71	Overlevering	Medium	0.05	FTEs	Prosjekt- leder	Generic	Medium	Medium	Medium	-	Days
72	Innsending søknader Hus A	Medium	0.1	FTEs	Prosjekteringsleder	Generic	Medium	Medium	Medium	-	Days
73	Innsending søknader Hus B og C	Medium	0.1	FTEs	Prosjekteringsleder	Generic	Medium	Medium	Medium	-	Days
74	Kostnadsrapportering	Medium	0.1	FTEs	Innkjøps- ansvarlig	Generic	Medium	Medium	Medium	-	Days
75	Fakturering	Medium	0.1	FTEs	Innkjøps- ansvarlig	Generic	Medium	Medium	Medium	-	Days
76	Endre bestillinger	Medium	0.1	FTEs	Ansvarlig for endringer	Generic	Medium	Medium	Medium	-	Days
77	HMS-arbeid	Medium	0.15	FTEs	HMS og KS - koordinator	Generic	Medium	Medium	Medium	-	Days
78	Dokumentstyring	Medium	0.1	FTEs	Prosjekt- leder	Generic	Medium	Medium	Medium	-	Days
79	Tidsplanlegging - fremdriftsrapportering	Medium	0.1	FTEs	Prosjekt- leder	Generic	Medium	Medium	Medium	-	Days
80	Prosjektering, produksjon og levering av betongelementer A	Medium	101	Days	TUE PREFAB betong	Generic	Medium	Medium	Medium	83711	Days
81	Prosjektering, produksjon og levering av betongelementer B og C	Medium	136	Days	TUE PREFAB betong	Generic	Medium	Medium	Medium	83711	Days

L. Utklipp: Milepæler, rework- og kommunikasjonskobling

 Milestone	Name	Description	Type	Planned Date
1	Prosjektstart	Prosjektering starter	Absolute	08/nov/2016
2	Prosjektslutt		Relative	Prosjektslutt
3	Fullført prosjektering Hus A		Relative	Fullført prosjektering Hus A
4	Produksjonsstart		Relative	Produksjonsstart
5	Hus A fullført		Relative	Hus A fullført
6	Fullført prosjektering Hus B		Relative	Fullført prosjektering Hus B
7	Hus B fullført		Relative	Hus B fullført
8	Fullført prosjektering Hus C		Relative	Fullført prosjektering Hus C
9	Hus C fullført		Relative	Hus C fullført
10	Detaljer	Alle hus	Relative	Detaljer
11	Utomhusarbeid fullført	Alle hus	Relative	Utomhusarbeid fullført
12	Administrasjon		Relative	Administrasjon

 Rework	Strength	Units	Connected From	Connected To
1	2	Hours	Fundament og kjeller A	Design fundamenter og kjeller A
2	2	Hours	Råbygg A	Prosjekttere råbygg A
3	2	Hours	Rør-installasjoner råbygg A	Prosjektering rør A
4	2	Hours	Elektro-installasjoner råbygg A	Prosjektering elektro A
5	2	Hours	Ventilasjon-installasjoner råbygg A	Prosjektering ventilasjon A
6	1	Hours	Utvendig tømmer og fasader A	Detaljtegninger A
7	1	Hours	Taktekking & "Tett hus" A	Detaljtegninger A
8	2	Hours	Rør-installasjoner tett bygg A	Prosjektering rør A
9	2	Hours	Elektro-installasjoner tett bygg A	Prosjektering elektro A
10	2	Hours	Ventilasjon-installasjoner tett bygg A	Prosjektering ventilasjon A
11	2	Hours	Fundament og kjeller B og C	Design fundamenter og kjeller B og C
12	2	Hours	Råbygg B	Prosjekttere råbygg B
13	2	Hours	Rør-installasjoner råbygg B	Prosjektering rør B
14	2	Hours	Elektro-installasjoner råbygg B	Prosjektering elektro B
15	2	Hours	Ventilasjon-installasjoner råbygg B	Prosjektering ventilasjon B
16	2	Hours	Rør-installasjoner tett bygg B	Prosjektering rør B
17	2	Hours	Elektro-installasjoner tett bygg B	Prosjektering elektro B
18	2	Hours	Ventilasjon-installasjoner tett bygg B	Prosjektering ventilasjon B
19	1	Hours	Utvendig tømmer og fasader B	Detaljtegninger B
20	1	Hours	Taktekking & "Tett hus" B	Detaljtegninger B
21	2	Hours	Råbygg C	Prosjekttere råbygg C
22	2	Hours	Rør-installasjoner råbygg C	Prosjektering rør C
23	2	Hours	Elektro-installasjoner råbygg C	Prosjektering elektro C
24	2	Hours	Ventilasjon-installasjoner råbygg C	Prosjektering ventilasjon C
25	2	Hours	Rør-installasjoner tett bygg C	Prosjektering rør C
26	2	Hours	Elektro-installasjoner tett bygg C	Prosjektering elektro C
27	2	Hours	Ventilasjon-installasjoner tett bygg C	Prosjektering ventilasjon C
28	1	Hours	Utvendig tømmer og fasader C	Detaljtegninger C
29	1	Hours	Taktekking & "Tett hus" C	Detaljtegninger C
30	1	Hours	Utomhusarbeider	Utomhus
31	1	Hours	Overvannshåndtering	Utomhus
32	1	Hours	Overvannshåndtering	Plantegning, infrastruktur, overvann
33	1	Hours	Befaring med byggherre	Innvendig arbeid C
34	1	Hours	Befaring med byggherre	Innvendig arbeid B
35	1	Hours	Befaring med byggherre	Innvendig arbeid A
36	2	Hours	Graving, spunt og pæling	Geoteknisk design

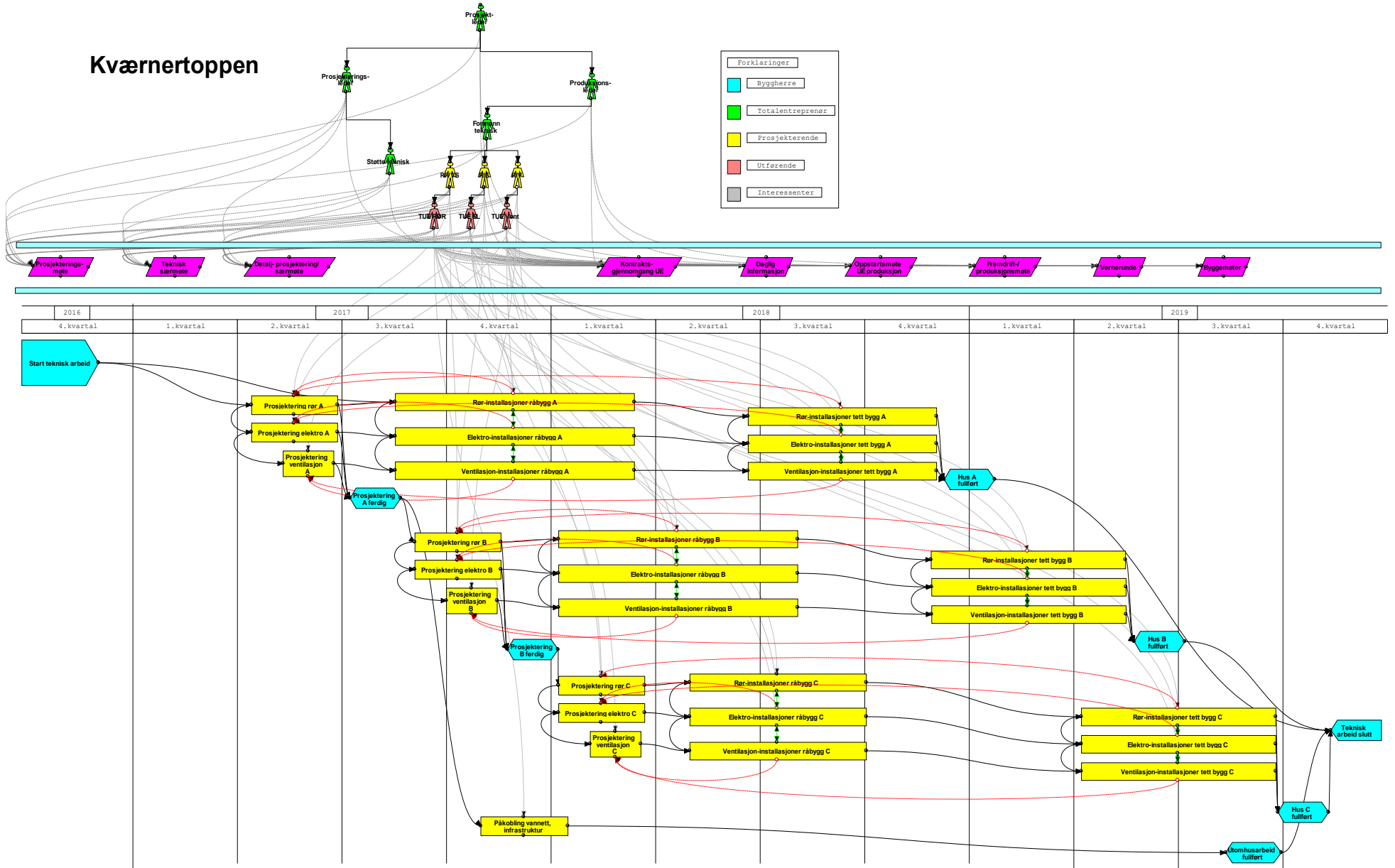
 Communication	Connected From	Connected To
1	Graving, spunt og pæling	Fundament og kjeller A
2	Prosjektering, produksjon og levering av	Fundament og kjeller A
3	Prosjektering, produksjon og levering av	Råbygg A
4	Råbygg A	Prosjektering, levering og produksjon Ba
5	Utvendig tømmer og fasader A	Taktekking & "Tett hus" A
6	Elektro-installasjoner tett bygg A	Rør-installasjoner tett bygg A
7	Ventilasjon-installasjoner tett bygg A	Elektro-installasjoner tett bygg A
8	Ventilasjon-installasjoner tett bygg A	Innvendig arbeid A
9	Rør-installasjoner råbygg A	Elektro-installasjoner råbygg A
10	Elektro-installasjoner råbygg A	Ventilasjon-installasjoner råbygg A
11	Design fundamenter og kjeller A	Prosjektere råbygg A
12	Prosjektering, produksjon og levering av	Fundament og kjeller B og C
13	Prosjektering, produksjon og levering av	Råbygg B
14	Råbygg B	Prosjektering, levering og produksjon Ba
15	Rør-installasjoner råbygg B	Elektro-installasjoner råbygg B
16	Elektro-installasjoner råbygg B	Ventilasjon-installasjoner råbygg B
17	Rør-installasjoner tett bygg B	Elektro-installasjoner tett bygg B
18	Elektro-installasjoner tett bygg B	Ventilasjon-installasjoner tett bygg B
19	Ventilasjon-installasjoner tett bygg B	Innvendig arbeid B
20	Utvendig tømmer og fasader B	Taktekking & "Tett hus" B
21	Råbygg C	Prosjektering, levering og produksjon Ba
22	Prosjektering, produksjon og levering av	Råbygg C
23	Rør-installasjoner råbygg C	Elektro-installasjoner råbygg C
24	Elektro-installasjoner råbygg C	Ventilasjon-installasjoner råbygg C
25	Utvendig tømmer og fasader C	Taktekking & "Tett hus" C
26	Rør-installasjoner tett bygg C	Elektro-installasjoner tett bygg C
27	Elektro-installasjoner tett bygg C	Ventilasjon-installasjoner tett bygg C
28	Ventilasjon-installasjoner tett bygg C	Innvendig arbeid C
29	Påkobling vannett, infrastruktur	Graving kabelgrøfter
30	Graving, spunt og pæling	Fundament og kjeller B og C
31	Plantegning, infrastruktur, overvann	Utomhus
32	Geoteknisk design	Pæleplan

N. Oversikt over tekniske balanseringsscenarioer

Balanserings-scenario	Beskrivelse	Resultater
1. Endre sannsynligheter	SFF og SPF til 0,025	Arbeidsvolumet minker tilsvarende arbeidsvolumet i original grunnmodell. Varigheten og kostnadene minker med henholdsvis en måned og ti millioner kroner
2. Fjerne overflødige møter	Ta bort møtene: Vernerunde, Kontraktsgjennomgang UE og Oppstartsmøte UE produksjon	Nedgang i varighet og kostnad på henholdsvis tre uker og tre millioner.
3. Nedskalere prosjektledelsens FTE	Minke FTE til prosjektledelsen som har fått færre oppgaver fra 1,0 til 0,4.	Ingen betydelige endringer.
4. Fjern alle møter	Fjerne alle møter i prosjektet	Kostnader minker med 17 millioner, og prosjektet tar en måned kortere tid. Ingen påvirkning på risikoene.

O. Teknisk grunnmodell for Kværnertoppen

Kværnertoppen



P. Tekniske scenariorplan

Teknisk scenario	Hva skal endres?	Hvordan?	Forventet resultat
1. Ingen TUE i prosjektet (Utgangspunkt i teknisk grunnmodell med færre møter).	Organisasjon	RIV, RIVVS og RIE plassert under prosjekteringsleder, mens UE-ene er bevart under formann og produksjonsleder.	Prosjektet blir billigere, men noe økning i arbeidsvolum siden endringen i hierarkiet gir større behov for koordinasjon mellom aktørene.
	Møter	UE deltar ikke på prosjekteringsmøter og detaljprosjektering.	
	Kostnader	Daglig kostnad til aktivitetene er minket med 10% pga. risikopremien er fjernet	
	Rework/kommunikasjon	Kommunikasjons-koblinger mellom prosjekterings-aktivitetene.	
2. TUEs rådgivere deltar ikke i prosjekteringsmøter (Utgangspunkt i teknisk grunnmodell med færre møter).	Møter	TUEs rådgivere deltar ikke på prosjekteringsmøter sammen med TUE.	Små utslag. Risikoen til prosjektet går noe opp.
3. Fjern tekniske særmøter (Utgangspunkt i teknisk grunnmodell med færre møter).	Møter	Fjerner tekniske særmøter mellom TUE-ene fra de tekniske fagene og representantene fra prosjektorganisasjonen.	Varighet og kostnad går ned, men arbeidsmengden går opp pga. økt rework og koordinasjonstid.
4. Grovere antagelser for organisasjonskultur i total- underentrepriser (Utgangspunkt i teknisk grunnmodell med færre møter).	Innstillinger for organisasjonskultur	<ul style="list-style-type: none"> - Lagserfaring valgt høy. - Sentralisering valgt lav. 	Betydelig nedgang i kostnader og tidsbruk. Risikoen til prosjektet går opp siden «arbeiderne» og ikke ledelsen tar beslutninger.
5. Grovere antagelser for organisasjonskultur i delte underentrepriser (Utgangspunkt i teknisk scenario 1).	Innstillinger for organisasjonskultur	<ul style="list-style-type: none"> - Lagserfaring valgt lav. - Sentralisering valgt høy. 	Betydelig økning i beslutnings- og koordinasjonstid, siden beslutninger skal bli tatt av ledelsen. Derav lav risiko. Øker varighet og kostnader.