

Jonas Eylertsen

# Skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt

Med digitale verktøy

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Pål Drevland Jakobsen

Juni 2019



## Sammendrag

I denne masteroppgaven har de ulike effektene av å bruke skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt blitt undersøkt. I sammenheng med et økt fokus på digitalisering i bransjen, har bruken av digitale hjelpemidler for å utarbeide skråstreksplaner også blitt studert. Skråstreksplaner er en metode benyttet innen fremdriftsplanlegging av anleggsprosjekt, der det benyttes et diagram som viser når og hvor, ulike aktiviteter foregår. Oppgavens problemstilling er: Hva er effekten av å bruke skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt?

For å kunne svare på oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål, har ulike forskningsmetoder blitt benyttet. Det er de kvalitative metodene litteraturstudie, intervju, observasjon og casestudie som har blitt brukt, da dette virket hensiktsmessig for denne typen problemstilling. Litteraturstudien har forgått gjennom store deler av masteroppgaven. Grunnen til dette var å få nok kunnskap om temaet før intervjuene, samt kunne fylle ut teorikapitlet ettersom nye aspekter kom fram under intervjuene og observasjonen. Det har vært et fokus på å intervju personer med god kunnskap og erfaring med både fremdriftsplanlegging og bruken av skråstreksplaner, fra ulike aktører i bransjen. Dette for å få et oversiktlig syn på temaet og kunne se på bruken av skråstreksplaner i ulike faser av prosjekt. I denne oppgaven har tre caseprosjekt blitt studert, der alle har brukt skråstreksplaner: Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16 (FRE16), E18 Tvedestrand – Arendal og E39 Kristiansand vest – Mandal øst. De to sistnevnte har blitt studert i størst grad, da dette var to veldig like prosjekt, men de har benyttet skråstreksplanen på ulik måte. De fleste intervjupersonene har vært tilknyttet caseprosjektene. Observasjonen ble gjort i et bransjemøte mellom ulike aktører i bransjen. Disse kom med innspill til å forbedre TILOS (Time and Location System), som er en digital programvare for å utvikle skråstreksplaner.

Ulike forutsetninger for å skape gode fremdriftsplaner har blitt funnet og bruken av skråstreksplanene og digital programvare har blitt sammenliknet for E18 og E39. Til slutt har det blitt vurdert fordeler og ulemper med å bruke skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt. Resultatene i oppgaven har vist at skråstreksplanlegging egner seg veldig godt til lineære prosjekt med repeterende arbeider, som tunneler og veier. Metoden og bruken av TILOS har vist seg å være særlig god i tidligfase i anleggsprosjekt. Dette har blitt begrunnet blant annet med den gode visualiserende effekten denne planleggingsmetoden har. Bruken av skråstreksdiagram egner seg derfor godt til bruk i møtevirksomhet, gjerne som en hovedplan der kun de store og kritiske aktivitetene er vist. Samtidig gir den et oversiktlig bilde av prosjektplanen, slik at ulike aktører i prosjektene raskere kan forstå planen og se de store sammenhengene i den. Kombinert med programvare som TILOS, kan man endre i planen og se påvirkningene direkte for avhengige aktiviteter og hvordan dette påvirker hele prosjektet. På denne måten har caseprosjektene fått fordelene med at man kan planlegge en optimal anleggsgjennomføring for arbeidene. De største utfordringene med å implementere metoden, har handlet om brukerne av planen og detaljeringsgraden i skråstreksplanen. Det har også blitt vist til ulike forbedringspotensial for TILOS. Både slik at programvaren kan bli enklere å bruke og for å forbedre noen av funksjonene, slik at de kan fungere på en mer effektiv måte.

## Summary

In this research, the various effects of using Line of Balance (LOB) plans in Norwegian road- and rail construction projects, have been investigated. In context of the increased focus on digitalisation in this industry, the use of digital tools for making LOB plans have been studied. Line of balance is a management control method, used in progress planning. A diagram is used to show both when and where, various activities takes place. The problem to be addressed in this thesis is: What are the effects of using LOB plans in Norwegian construction projects?

Various research methods have been used to answer the problem and the research questions in this thesis. These are the qualitative methods of literature study, interview, observation and case study, which have been used together as this seemed appropriate for this kind of problem. The literature study has been a continuous work during a large part of the master's thesis period. The reason for this was to get enough knowledge about the topic before the interviews and observation. Another reason was to have the opportunity to fill in the theory chapter after new aspects emerged during the use of the other methods. There has been a focus on interviewing people with knowledge and experience with both progress planning and the use of LOB plans, from different roles in the construction industry. This has been done to get a clear view of the topic and be able to study the use of LOB plans in different phases and aspects of the projects. In this thesis, three case projects have been studied, all of which have used LOB plans: The joint project Ringeriksbanen and E16, E18 Tvedestrand - Arendal and E39 Kristiansand West - Mandal East. The latter two have been studied to the greatest extent, as these were two very similar projects, but have used the LOB plan to varying degrees. Most of the interviewees have been associated with these case projects. The observation was done in an industry meeting, where various persons from different kind of organizations in the construction industry participated. They came up with suggestions to improve TILOS (Time and Location System), which is a digital software for developing LOB plans.

Various prerequisites have been found to create good progress plans. The use of LOB and digital software has been compared for E18 and E39. Finally, advantages and disadvantages of using LOB plans in Norwegian construction projects have been considered. The results in this thesis have shown that LOB planning is a very suitable method for linear projects with repetitive work, such as tunnels and roads. The method and use of TILOS have proven to be particularly good in the early phase of the construction projects. This has been justified by, among other things, the good visualizing effect this planning method has. The LOB is therefore well suited for use in workshops, shown as a main plan with the major and critical activities. Since this diagram gives a clear picture of the project plan, the different people in the projects can assess the plan more quickly and see the major connections in it. Combined with software such as TILOS, one can change the plan in a workshop and instantly see how this affects dependent activities and the entire project itself. In this way, the case projects have gained the advantage of being able to plan an optimal construction implementation for the works. The biggest challenges in implementing this method, have been about the users of the plan and the level of detail in the LOB. It has also been shown to various enhancement potentials for TILOS, to make it easier to use and to make some of the features work more efficiently.

## Forord

Denne rapporten er skrevet av Jonas Eylertsen, en student på 5. året ved institutt for bygg- og miljøteknikk på NTNU i Trondheim, med spesialisering anleggsteknikk. Tidligere har jeg tatt en bachelorgrad innen bygg og miljø på samme institutt og jeg har vært på utveksling ved University of Queensland i Australia. Gjennom ulike sommerjobber har jeg jobbet for et entreprenørfirma og et rådgiverfirma. Slik fikk jeg god erfaring fra ulike typer anleggsprosjekt. Arbeidet med denne rapporten har utgjort 30 studiepoeng i faget TBA5935 Anleggsteknikk, masteroppgave og har foregått på vårsemesteret i 2019. Intern veileder har vært førsteamanuensis Pål Drevland Jakobsen, ved institutt for bygg- og miljøteknikk på NTNU.

Rapporten ble skrevet for å få et innblikk i valgt tema og problemstilling og gi en spesialisering for den avsluttende mastergraden på NTNU. Oppgavens tema handler om bruken av skråstreksplaner i anleggsprosjekt og digital fremdriftsplanlegging. Grunnen til at jeg valgte oppgavens tema, var at jeg fikk innblikk i hvordan skråstreksplaner ble brukt i tidligfase på FRE16 via sommerjobben i Norconsult. Da fikk jeg innsikt i noen problemstillinger i bransjen, særlig rettet mot tunneldrift, noe som fattet min interesse. Her fikk jeg også innblikk i hvordan digitaliseringen i anleggsbransjen er i dag, via prosjektet DigiTUN. Det er konstatert et behov for å forbedre digitaliseringsprosessen av tunneldrift fra bransjen, særlig fra Norsk forening for fjellsprengningsteknikk, med opprettelsen av prosjektet DigiTUN. Arbeidet med masteroppgaven bygger videre på arbeidet gjort i forbindelse med prosjektoppgaven i høstsemesteret 2018. Under arbeidet med prosjektoppgaven, begynte jeg å studere digitaliseringen i bygg- og anleggsbransjen med et ganske bredt fokus. Etter å ha jobbet godt med litteraturen og diskutert med intern veileder, ble det bestemt at både prosjekt- og masteroppgaven skulle handle om bruken av skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt.

Jeg vil takke intern veileder ved NTNU, Pål Drevland Jakobsen for kontinuerlig veiledning og god oppfølging under arbeidet med både prosjekt- og masteroppgaven. Det rettes også en stor takk til alle intervjupersonene som har tatt seg tid til å stille opp og dele deres verdifulle kunnskap og erfaring om temaet i denne rapporten. Til slutt ønsker jeg å takke bedriftene AF Gruppen, Norconsult AS, Nye Veier AS og Trimble for at de har bistått med ulike ressurser, som har gjort det mulig å utarbeide denne masteroppgaven.

Trondheim, 06. juni 2019.



Jonas Eylertsen

# Innholdsfortegnelse

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>I</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>II</b>
<b>FORORD .....</b>	<b>III</b>
<b>INNHOLDSFORTEGNELSE .....</b>	<b>IV</b>
<b>FIGURLISTE .....</b>	<b>VII</b>
<b>TABELLISTE .....</b>	<b>VII</b>
<b>FORKORTELSER OG BEGREPSFORKLARING .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 PRESENTASJON AV OPPGAVEN .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 BAKGRUNN FOR VALG AV TEMA .....	1
1.1.2 KUNNSKAPSGAP .....	2
<b>1.2 PROBLEMSTILLING OG FORSKNINGSPØRSMÅL .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 FORMÅL.....	2
<b>1.3 AVGRENSNING AV OPPGAVEN .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 UTFORDRINGER OG USIKKERHETER .....</b>	<b>3</b>
<b>2 TEORI.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 HVA ER ET PROSJEKT? .....</b>	<b>4</b>
2.1.1 PROSJEKTBASERT PRODUKSJON .....	4
<b>2.2 PROSJEKTNEDBRYTNING .....</b>	<b>5</b>
2.2.1 PROSJEKTNEDBRYTNINGSSTRUKTUR .....	5
<b>2.3 FREMDRIFTSPLANLEGGING .....</b>	<b>6</b>
2.3.1 BEGREPSFORKLARING INNEN FREMDRIFTSPLANLEGGING .....	7
2.3.2 HVORFOR FREMDRIFTSPLANLEGGING .....	8
2.3.3 S-KURVER FOR PROSJEKTOPPFØLGING .....	9
2.3.4 GANTT-DIAGRAM .....	10
2.3.5 SKRÅSTREKSPLANLEGGING.....	11
2.3.6 TAKTPLANLEGGING .....	14
2.3.7 4D BIM.....	15
<b>2.4 TRADISJONELLE DIGITALE VERKTØY FOR FREMDRIFTSPLANLEGGING.....</b>	<b>16</b>
2.4.1 EXCEL .....	17
2.4.2 MS PROJECT.....	17
2.4.3 ISY PROSJEKT PLAN .....	18
<b>2.5 NYERE DIGITALE PLANLEGGINGSVERKTØY, TILOS.....</b>	<b>18</b>
2.5.1 OM PRODUSENTEN TRIMBLE .....	18
2.5.2 HVORDAN TILOS FUNGERER .....	19
2.5.3 TILOS OG SAMHANDLING .....	20
<b>2.6 BIM .....</b>	<b>21</b>
2.6.1 MODELL MODENHETS INDEKS (MMI) .....	22

2.6.2 VIRTUAL DESIGN AND CONSTRUCTION (VDC) .....	23
<b>3 METODE .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1 LITTERATURSTUDIE .....</b>	<b>26</b>
3.1.1 GOOGLE SCHOLAR .....	26
3.1.2 SCOPUS .....	27
3.1.3 BIBSYS ORIA .....	27
3.1.4 «SNOWBALLING» .....	27
3.1.5 LITTERATUR FRA TRIMBLE .....	27
3.1.6 LITTERATURSTUDIENS BEGRENSNINGER .....	27
3.1.7 KILDEKRITIKK.....	28
<b>3.2 INTERVJU .....</b>	<b>29</b>
3.2.1 KVALITATIVT FORSKNINGSINTERVJU .....	29
3.2.2 USTRUKTURERT INTERVJU .....	29
3.2.3 STYRKER.....	29
3.2.4 SVAKHETER.....	30
<b>3.3 OBSERVASJON .....</b>	<b>30</b>
3.3.1 STYRKER.....	30
3.3.2 SVAKHETER.....	31
<b>3.4 CASESTUDIE .....</b>	<b>31</b>
3.4.1 STYRKER.....	31
3.4.2 SVAKHETER.....	32
<b>3.5 METODENES VALIDITET OG RELIABILITET .....</b>	<b>32</b>
<b>4 RESULTATER.....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 CASESTUDIER .....</b>	<b>34</b>
4.1.1 E18 TVEDESTRAND – ÅRENDAL .....	34
4.1.2 E39 KRISTIANSAND VEST – MANDAL ØST .....	36
4.1.3 FRE16 .....	37
<b>4.2 INTERVJU .....</b>	<b>38</b>
4.2.1 FORUTSETNINGER FOR Å UTARBEIDE EN GOD FREMDRIFTSPLAN .....	38
4.2.2 BRUKEN AV DIGITALE VERKTØY FOR Å SKAPE OG BRUKE ULIKE TYPER FREMDRIFTSPLANER .....	40
4.2.3 FORDELER MED Å BRUKE SKRÅSTREKSPLANER I ANLEGGSPROSJEKT .....	46
4.2.4 UTFORDRINGER MED Å IMPLEMENTERE BRUKEN AV SKRÅSTREKSPLANER I NORSKE ANLEGGSPROSJEKT.....	50
<b>4.3 OBSERVASJON .....</b>	<b>54</b>
4.3.1 STRUKTURERT OBSERVASJON .....	54
4.3.2 MØTET OPPSUMMERT.....	55
<b>5 DISKUSJON.....</b>	<b>57</b>
<b>5.1 FORUTSETNINGER FOR Å SKAPE EN GOD FREMDRIFTSPLAN .....</b>	<b>57</b>
5.1.1 KOMPETANSE .....	57
5.1.2 PLANREVISJONER OG ESTIMATER .....	57
<b>5.2 BRUKEN AV SKRÅSTREKSPLANER I CASEPROSJEKTENE .....</b>	<b>58</b>
<b>5.3 FORDELER MED Å BRUKE SKRÅSTREKSPLANER I NORSKE ANLEGGSPROSJEKT .....</b>	<b>59</b>
5.3.1 VISUALISERINGEFFEKT .....	59
5.3.2 ANLEGGSGJENNOMFØRING .....	60

<b>5.4 UTFORDRINGER MED Å IMPLEMENTERE BRUKEN AV SKRÅSTREKSPLANER .....</b>	<b>60</b>
5.4.1 BRUKERE .....	61
5.4.2 DETALJNIVÅ .....	61
5.4.3 PROGRAMVAREN TILOS .....	62
<b>5.5 EFFEKTE AV PLANLEGGINGSARBEIDET PÅ E18 .....</b>	<b>63</b>
5.5.1 SAMMENLIKNING AV S-KURVE FRA TEORI MED S-KURVEN TIL E18 .....	63
<b><u>6 KONKLUSJON .....</u></b>	<b><u>65</u></b>
<b><u>7 ANBEFALINGER TIL VIDERE ARBEID .....</u></b>	<b><u>67</u></b>
<b><u>REFERANSELISTE .....</u></b>	<b><u>68</u></b>
<b><u>VEDLEGG 1, INTERVJUGUIDE TOTAENTREPRENØR, E18 .....</u></b>	<b><u>I</u></b>
<b><u>VEDLEGG 2, INTERVJUGUIDE BYGGHERRE, E18 .....</u></b>	<b><u>III</u></b>
<b><u>VEDLEGG 3, INTERVJUGUIDE RÅDGIVER, E39 .....</u></b>	<b><u>V</u></b>
<b><u>VEDLEGG 4, INTERVJUGUIDE TOTAENTREPRENØR, E39 .....</u></b>	<b><u>VII</u></b>
<b><u>VEDLEGG 5, INTERVJUGUIDE AKADEMIA .....</u></b>	<b><u>IX</u></b>
<b><u>VEDLEGG 6, INTERVJUGUIDE RÅDGIVER, FRE16 .....</u></b>	<b><u>X</u></b>
<b><u>VEDLEGG 7, OBSERVASJONSNOTAT TILOS BRUKERGRUPPE .....</u></b>	<b><u>XI</u></b>



## Figurliste

Figur 1: PNS for en tunnel for t-bane.....	6
Figur 2: Eksempel på enkel ukeplan .....	7
Figur 3: Eksempel av en S-kurve .....	10
Figur 4: Eksempel på et enkelt Gantt-diagram .....	11
Figur 5: Eksempel Gantt-diagram med relasjoner .....	11
Figur 6: Eksempel av en enkel skråstreksplan fra FRE16 .....	12
Figur 7: Eksempel skråstreksplan med buffer.....	13
Figur 8: Eksempel på en del av en taktplan fra Moholt 50 50.....	15
Figur 9: 3D, 4D og 5D .....	15
Figur 10: Prosessen for å skape 4D simulering .....	16
Figur 11: Eksempel på fremdriftsplan i Excel.....	17
Figur 12: Illustrasjon av MS Project .....	18
Figur 13: Eksempel på en skråstreksplan i TILOS.....	19
Figur 14: Bruken av TILOS gjennom livssyklusen til et prosjekt .....	20
Figur 15: Trimble sin samhandlingsmodell, Civil BIM - For the Complete Project Lifecycle .....	20
Figur 16: En BIM prosess.....	21
Figur 17: Prosess der prosjekteringsaktivitetene leder frem til MMI-verdiene .....	22
Figur 18: VDC vist som oppbygningen av en paraply .....	24
Figur 19: Sammenhengen mellom reliabilitet og validitet .....	33
Figur 20: Oversiktsbilde E18 .....	34
Figur 21: S-kurve for E18 prosjektet .....	35
Figur 22: Oversiktsbilde E39 .....	36
Figur 23: Oversiktsbilde FRE16 .....	37
Figur 24: Skråstreksplanen for E18 Tvedestrand - Arendal .....	42
Figur 25: Skråstreksplanen for E39 Kristiansand vest - Mandal øst .....	44

## Tabelliste

Tabell 1: Generell begrepsforklaring .....	VIII
Tabell 2: Begrepsforklaring innen fremdriftsplanlegging .....	7
Tabell 3: Nøkkelinformasjon E18 .....	34
Tabell 4: Nøkkelinformasjon E39 .....	36
Tabell 5: Nøkkelinformasjon FRE16 .....	37

# Forkortelser og begrepsforklaring

Tabell 1: Generell begrepsforklaring

Ord	Forklaring
<b>BaneNOR</b>	Statlig foretak som har ansvar for den nasjonale jernbanestrukturen. Byggherre for norske jernbaneprosjekter.
<b>Bas</b>	Arbeidslaget, av fagarbeidere, sin nærmeste gruppeleder
<b>BIM</b>	Building Information Modelling (Bygnings Informasjons Modelling)
<b>CAD</b>	Computer Aided Design (Data Assistert Konstruksjon, DAK)
<b>E18</b>	Veiprojektet E18 Tvedestrand – Arendal, totalentreprise
<b>E39</b>	Veiprojektet E39 Kristiansand vest – Mandal øst, totalentreprise
<b>Fagarbeider</b>	Den personen som faktisk utfører det fagtekniske arbeidet på bygge- eller anleggsplass, har fag- eller svennebrev.
<b>FDV</b>	Forvaltning, Drift og Vedlikehold
<b>FRE16</b>	Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16. Felles jernbane- og veiprojekt med BaneNOR og Statens Vegvesen som byggherrer.
<b>HMS</b>	Helse, Miljø og Sikkerhet
<b>ICE</b>	Integrated Concurrent Engineering, samtidig prosjektering på norsk
<b>LEAN Construction</b>	“Trimmet bygging”. Prinsipp om å skape effektive prosjekter og minske tap under bygging
<b>LOD</b>	Level of Development eller Level of Detail, nivå av utvikling eller detalj for et objekt i en modell
<b>MMI</b>	Modell Modenhets Indeks, Model Maturity Index på engelsk, sier noe om detaljeringsgrad og geometri for et objekt i en modell
<b>NFF</b>	Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk
<b>SRO</b>	Styring, Regulering og Overvåking
<b>SVV</b>	Statens Vegvesen, byggherre for riks- og fylkesveier i Norge
<b>VDC</b>	Virtual Design and Construction, på norsk Virtuell Prosjektering og konstruksjon. Dette er en moderne gjennomføringsmodell
<b>3D</b>	Den tredje dimensjonen, at en figur eller et objekt er vist i x-, y- og z-aksen, altså bredde, høyde og dybde perspektivet

MERK: Egen begrepsforklaring for ord og uttrykk innen fremdriftsplanlegging er gitt i Tabell 2: Begrepsforklaring innen fremdriftsplanlegging.

# 1 Innledning

Dette kapittelet gir en presentasjon av valgt tema for masteroppgaven og prosessen som har ført til denne. Deretter følger oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål, avgrensning av oppgaven og til slutt diskuteres utfordringer og usikkerheter som har vist seg gjennom arbeidet.

## 1.1 Presentasjon av oppgaven

Masteroppgaven har tatt utgangspunkt i arbeidet som ble gjort i prosjektoppgaven i høstsemesteret 2018. Dette har medført at deler av kapitlene om teori og metode i denne rapporten er hentet ut fra prosjektoppgaven. Prosjektoppgaven handlet i begynnelsen om digitalisering av bygg- og anleggsbransjen, men ble i sluttfasen innsnevret til skråstreksplaner i anleggsprosjekt og digital fremdriftsplanlegging, som er temaet for denne masteroppgaven. Når det er snakk om digitalisering, vil ordene effektivisering og omstillingsprosesser stå sentralt. Et spørsmål man må stille seg i slike omstillingsprosesser er; hvorfor skal man digitalisere? "Digitalisering handler om å bruke teknologi til å fornye, forenkle og forbedre. Det er snakk om å tilby nye og bedre tjenester, som er enkle å bruke, effektive, og pålitelige" (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2014).

I det store bildet handler digitalisering om å skape verdi på en mer effektiv måte og forbedre kvalitet, gjennom bruken av digitale løsninger. Digitalisering i bygg- og anleggsbransjen handler ikke bare om bruken av digitale modeller, men også innenfor feltet fremdriftsplanlegging og digitale hjelpemidler, som er temaene i denne oppgaven. Med tanke på disse temaene vises det til et eksempel fra FRE16. "For å kunne gjennomføre prosjektet med tanke på volum, kompleksitet og hastighet var det avgjørende for Bane NOR og Statens vegvesen å etablere et effektivt planleggingsmiljø og -verktøy som sikrer både leveranser og kvalitet" (Trimble, 2018a). Her ble det referert til bruken av skråstreksplaner og programvaren TILOS, som har blitt benyttet i tidligfase i dette prosjektet.

### 1.1.1 Bakgrunn for valg av tema

HMS (Helse, miljø og sikkerhet) og LEAN construction har hatt sine perioder med høyt fokus i bransjen. Det virker nå som at både konflikthåndtering og digitalisering har blitt nye fokusområder. Bygg og anleggsbransjen i Norge er kommet langt innen bruk av BIM (Building Information Modelling) og andre digitale hjelpemidler, men mange prosesser er lite standardisert. Mange mener at særlig anleggsbransjen og tunneldrift henger etter byggebransjen. I januar 2018, opprettet derfor styret i NFF (Norsk Forening for Fjellsprengningsteknikk) en arbeidsgruppe, DigiTUN. Gruppen skal jobbe mot å samkjøre digitaliseringsprosessen i anleggsbransjen i Norge (Byggeindustrien, 2018). Gjennom deltagelse i studentprosjektet for DigiTUN ble det skapt større interesse for digitalisering innen tunneldrift, ved å få et innblikk i noen av utfordringene som er i bransjen i dag.

I løpet av sommerjobben ble planleggingsmetoden skråstreksplanlegging, samt det digitale verktøyet TILOS presentert under et seminar. Det ble fattet stor interesse for metoden og programvaren, da disse virket veldig gunstig å bruke i anleggsprosjekt.

Under samtaler med flere personer i bransjen om tema, ble det vist stor entusiasme for oppgaven. Dette økte motivasjonen for å skrive en masteroppgave om skråstreksplanlegging i anleggsprosjekt og samtidig lære mer om bruken av tilhørende programvare.

### 1.1.2 Kunnskapsgap

Det personlige kunnskapsgapet om temaet har vært ganske stort. Gjennom sommerjobb og studiet det siste året, har kunnskapen og erfaringene om fremdriftsplanlegging og bruken av skråstreksplaner økt, men det er fortsatt mye å lære om dette store temaet. Når det kommer til skråstreksplaner, er dette et tema som ikke har vært behandlet i emner på NTNU. I faget *Produksjonsteknikk i bygge- og anleggsprosjekt* blir temaet nevnt i et kompendium, men annet enn dette er det uvisst om NTNU tilbyr emner som dekker denne planleggingsmetoden i større grad. Metoder for fremdriftsplanlegging som har vært inkludert i emner er typisk Gantt-diagram i MS Project (Microsoft Project), der det har blitt produsert enkle fremdriftsplaner. Bransjen har derimot mye kunnskap om digitalisering og fremdriftsplanlegging, men det er forskjellige oppfatninger og erfaringer omkring disse. Kunnskapsgapet for anleggsbransjen innebærer derfor å få samlet kunnskapen og erfaringene med å anvende digitale verktøy for å utarbeide og bruke skråstreksplaner på en mer effektiv måte.

## 1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

Tittelen for masteroppgaven er *Skråstreksplaner i anleggsprosjekt*, men det fokuseres også på digitale hjelpemidler for fremdriftsplanlegging. Med utgangspunkt i dette har det i løpet av masteroppgaven blitt forsøkt å svare på følgende problemstilling:

- **Hva er effekten av å bruke skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt?**

For å finne svar på problemstillingen, ble det utarbeidet følgende forskningsspørsmål som masteroppgaven søker å finne svar på:

- Hvilke forutsetninger ligger til grunn for å utarbeide en god fremdriftsplan?
- Hvordan kan digitale verktøy brukes for å lage ulike fremdriftsplaner?
- Hva er fordelene med å bruke skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt?
- Hva er utfordringene med å implementere bruken av skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt?

### 1.2.1 Formål

Formålet med oppgaven var å se på bruken av skråstreksplaner i ulike anleggsprosjekt, for å vurdere om dette er en god metode å drive fremdriftsplanlegging på i denne type prosjekt. Dette ble gjort med å intervju personer som har kjennskap til bruken av skråstreksplaner og sammenlikne bruken med mer tradisjonelle Gantt-diagram. Det var også et formål å studere bruken av ulike digitale verktøy som genererer skråstreksplaner og Gantt-diagram. Hensikten med dette var å forsøke å finne en optimalisert måte å drive effektiv fremdriftsplanlegging av norske anleggsprosjekt på.

### 1.3 Avgrensning av oppgaven

I startfasen av foregående prosjektoppgave ble det bestemt å ha en ganske bred studie om temaet *digitalisering i bygg- og anleggsbransjen*. Senere i prosjektperioden ble dette temaet videreført og spesialisert inn mot det som ble temaet for masteroppgaven, skråstreksplaner i anleggsprosjekt og digital fremdriftsplanlegging. Det har blitt forsøkt å sammenlikne bruken av skråstreksplaner med mer tradisjonelle metoder som benytter Gantt-diagram. Alt dette har utløpt seg etter samtale med intern veileder på NTNU og etter innspill fra ulike aktører i bransjen, noe som gjorde at det ble aktuelt å se på valgt problemstilling.

Masteroppgaven inneholder tre caseprosjekt og det har blitt forsket med et bredt syn på oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Det har ikke blitt avgrenset til noen spesiell fase av caseprosjektene, men heller forsøkt å få et helhetlig bilde av bruken av skråstreksplaner i anleggsprosjekt. For å få til dette har det blitt intervjuet nøkkelpersonell fra både akademia, byggherre, rådgiver og entreprenør. I denne oppgaven har det ikke blitt fokusert på tallfesting av tidsbruk, kostnader eller kvalitet i de ulike prosjektene.

### 1.4 utfordringer og usikkerheter

- Det har vært vanskelig å følge hele prosjekt, som gjerne varer over mange år totalt, i løpet av arbeidet med prosjekt- og masteroppgaven.
- En annen utfordring har vært å kunne kvantifisere data om et slikt tema, altså å finne målbare eller tallbaserte data, for å kunne sammenlikne disse.
- Ulike personer har egne tanker og oppfatninger om temaet, uten at dette er gitte sannheter og man kan ha forskjellig syn på, og erfaring med digitalisering, fremdriftsplanlegging, skråstreksplaner og programvare.
- Det å få tilgang til fremdriftsplanene til de ulike caseprosjektene, har vært en utfordring, da denne informasjon er noe som de involverte organisasjonene ikke vil dele til offentligheten. Bilder av noen av planene har blitt brukt, da det ble gitt tillatelse til dette fra aktørene, på grunn av at detaljene i planen ikke ble vist.
- En utfordring har også vært å bearbeide og diskutere resultatene i oppgaven godt.

## 2 Teori

Dette kapittelet inneholder relevant teori om prosjektplanlegging på generell basis og mer spesielt om skråstreksplanlegging senere i kapittelet. Dette gjøres for å gi leseren en god oversikt og beskrivelse av ulike undertemaer fra eksisterende litteratur. Informasjonen som fremkommer er et direkte resultat av metoden litteraturstudie. Det starter med å gi en beskrivelse av hva et prosjekt er, før det skrives om prosjektnedbrytning. Etter dette blir fremdriftsplanlegging beskrevet for seg selv, etterfulgt av en introduksjon til de tradisjonelle digitale verktøy for fremdriftsplanlegging. Deretter følger en introduksjon av nyere digitale verktøy for fremdriftsplanlegging, med en grundigere beskrivelse av programvaren TILOS. Det avsluttes med et delkapittel om BIM.

### 2.1 Hva er et prosjekt?

Klagegg (2017) har for dette tiåret definert et prosjekt som en måte å skape verdi på. Det har til ulike perioder blitt definert på forskjellige måter og det kommer an på hvem man spør. "Et prosjekt er en midlertidig anstrengelse for å skape et unikt produkt, en tjeneste eller et resultat" (Project Management Institute, 2008, s. 5). Denne definisjonen brukes også av Samset i sin bok om prosjekt i tidligfase. Samset (2014) skriver at slike prosjekter brukes i større og større grad i dagens løsning av store samfunnsoppgaver. Han skriver også at disse prosjektene organiseres som selvstendige, målrettede og midlertidige tiltak og at det her opereres på tvers av organisasjonene. Denne organisasjonsformen er skapt for å håndtere situasjoner med stor grad av usikkerhet. Når oppgaven eller prosjektet er gjennomført, oppløses dette tiltaket eller organisasjonen (Samset, 2014).

#### 2.1.1 Prosjektbasert produksjon

Kalsaas (2017) definerer byggenæringens produksjon som prosjektbasert produksjon. Han skriver at denne arbeidsformen skiller seg fra den vanlige stasjonerte industrien. Hovedforskjellen handler om at i prosjektbasert produksjon beveger arbeidsoperasjonene gjennom produktet for å gjøre det ferdig. I fabrikkindustrien som er en form for serieproduksjon, beveger produktet, for eksempel en bil, seg gjennom fabrikken der arbeidsoperasjonene er låst til en gitt plassering (Kalsaas, 2017). Eksempler på prosjektbasert produksjon kan være bygging eller utbedring av vei, jernbane, tunnel, bro, eller bygg, altså mange ulike typer prosjekter innen bygg- og anleggsbransjen.

De senere årene har det blitt en økning av antallet store prosjekter i Norge, særlig innen infrastrukturprosjekter. Mange av disse prosjektene er ofte nyskapende og på sine måter unike. Dette medfører en stor grad av usikkerhet når det kommer til planlegging og gjennomføring av denne type prosjekter (Samset, 2014). Andersen (2016) understøtter dette og skriver at bygge- og anleggsprosjekter er komplekse, både når det er snakk om styring og logistikk eller prosjektering og gjennomføring. Han skriver også at hvert prosjekt er "one of a kind", med nye personer, nye steder og ulike forutsetninger fra prosjekt til prosjekt. I et typisk anleggsprosjekt vil prosjektorganisasjonen bestå av mange ulike aktører. I hovedsak er det oftest snakk om byggherre eller prosjekteier, rådgivere og arkitekter, entreprenører og leverandører.

For å få et vellykket prosjekt er det essensielt at disse klarer å samarbeide på en god måte og strukturen i prosjektorganisasjonen er et viktig ledd her. Denne sammensetningen endrer seg også fra prosjekt til prosjekt (Andersen, 2016).

En kan legge stor vekt på å definere mål og rammer tidlig i prosjektet, men endringer vil komme, og mange av de forutsetninger som benyttes for planer og estimater, er usikre. Særlig gjelder dette de prosjektene som virkelig er unike, og store prosjekter med høy kompleksitet og bruk av ny teknologi (Samset, 2014, s. 15–16).

Som det framkommer av dette sitatet, handler det om å ha gode forutsetninger for planene og estimatene som lages i et prosjekt. Det er derfor viktig å ha gode løsninger for fremdriftsplaner, slik at effektivitet, kostnader og mål for prosjektet holdes på best mulig måte. Fremdriftsplanlegging blir videre presentert i delkapittel 2.3.

## 2.2 Prosjektnedbrytning

Som det ligger i ordet, projektnedbrytning, handler dette om å bryte ned et prosjekt til mindre og mer håndterbare deler, operasjoner eller arbeidsoppgaver. Projektnedbrytning er en hierarkisk måte å dele opp et prosjekt på. "Hierarkisk oppdeling innebærer blant annet at vi opererer på ulike detaljeringsnivå" (Rolstadås, 2011, s. 45). Han skriver videre at dette er en måte å strukturere et prosjekts ressurser og ikke minst arbeidsoppgaver på, da i en hierarkisk fremstilling. Organiseringen av et prosjekt kan struktureres i to trinn:

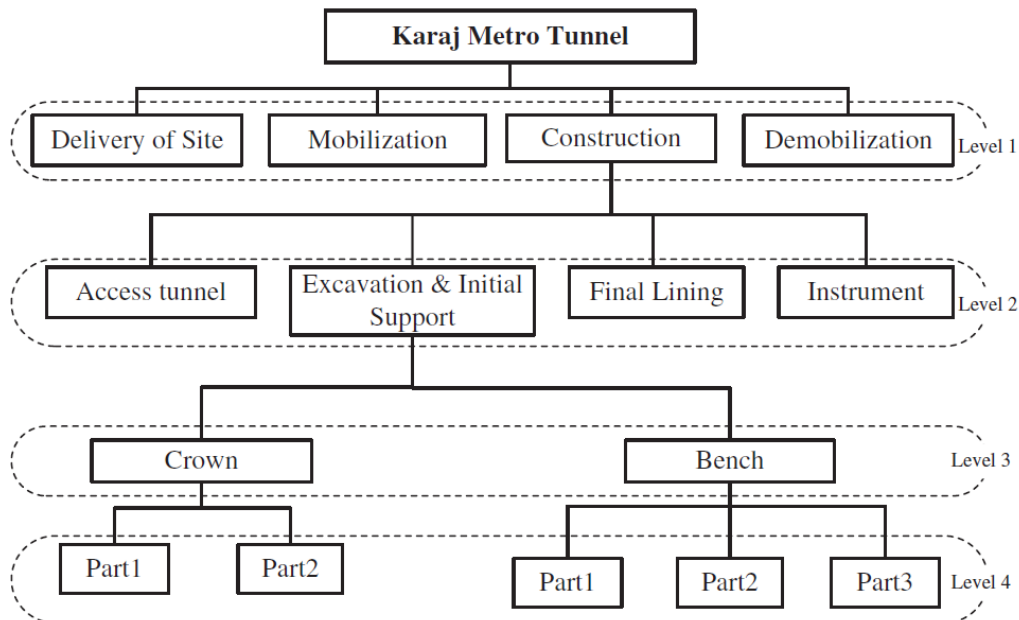
- 1) Inndeling av arbeidsoperasjoner. Hvordan det totale arbeidet kan deles opp i arbeidsoppgaver av et slikt omfang at de kan allokeres til personer, grupper eller andre organisatoriske enheter.
- 2) Inndeling av organisasjonen. Hvordan prosjektets medarbeidere grupperes på ulike nivåer.  
(Rolstadås, 2011, s. 125).

Ut ifra disse to strukturene kan man også dele inn i en- og to-dimensjonal nedbrytning. Den en-dimensjonale nedbrytningen tar for seg punkt 1 alene og kalles *Work Breakdown Structure* (WBS), eller Projektnedbrytningsstruktur (PNS) på norsk. Videre i denne oppgaven brukes begrepet PNS og forklares i underkapittel 2.2.1. To-dimensjonal nedbrytning ser på både struktur 1 og 2, samt integrasjonen mellom disse (Rolstadås, 2011). To-dimensjonal nedbrytning beskrives ikke videre i denne oppgaven.

### 2.2.1 Projektnedbrytningsstruktur

PNS'en organiserer og definerer prosjektets totale omfang (PMI, 2013). Baldwin og Bordoli (2014) skriver at omfanget av et prosjekt må være klart definert og med å bruke PNS gjøres dette på en god måte. Det er da viktig å vite hva som inkluderes i arbeidet og hva det eventuelt ikke innebærer. Kerzner (2017) skriver at prosjektet bør brytes ned til små elementer, for å sikre god forståelse, synlighet og kontroll. Figur 1 viser en enkel PNS for et t-banetunnelprosjekt. Øverst ser man prosjektet i sin helhet. Nivå en, vist som *Level 1*, kan kalles for kontrollsenter, nivå to for kontrakts-pakke, nivå tre for arbeidspakke eller leveranse og nivå fire inneholder de ulike aktivitetene.

Rolstadås (2011) skriver at det er viktig med en logisk og systematisk nedbrytning av prosjektet, helt ned til laveste nivå. På det siste nivået, vist som *Level 4* i figuren, er arbeidspakkene fra nivå tre, delt opp i et antall arbeidsaktiviteter som kan utføres av individuelle arbeidslag. I veldig store prosjekter kan man velge å sette inn enda et nivå for ulike delprosjekt igjen, under hovedprosjektet.



Figur 1: PNS for en tunnel for t-bane (Siami-Irdemoosa et al., 2015)

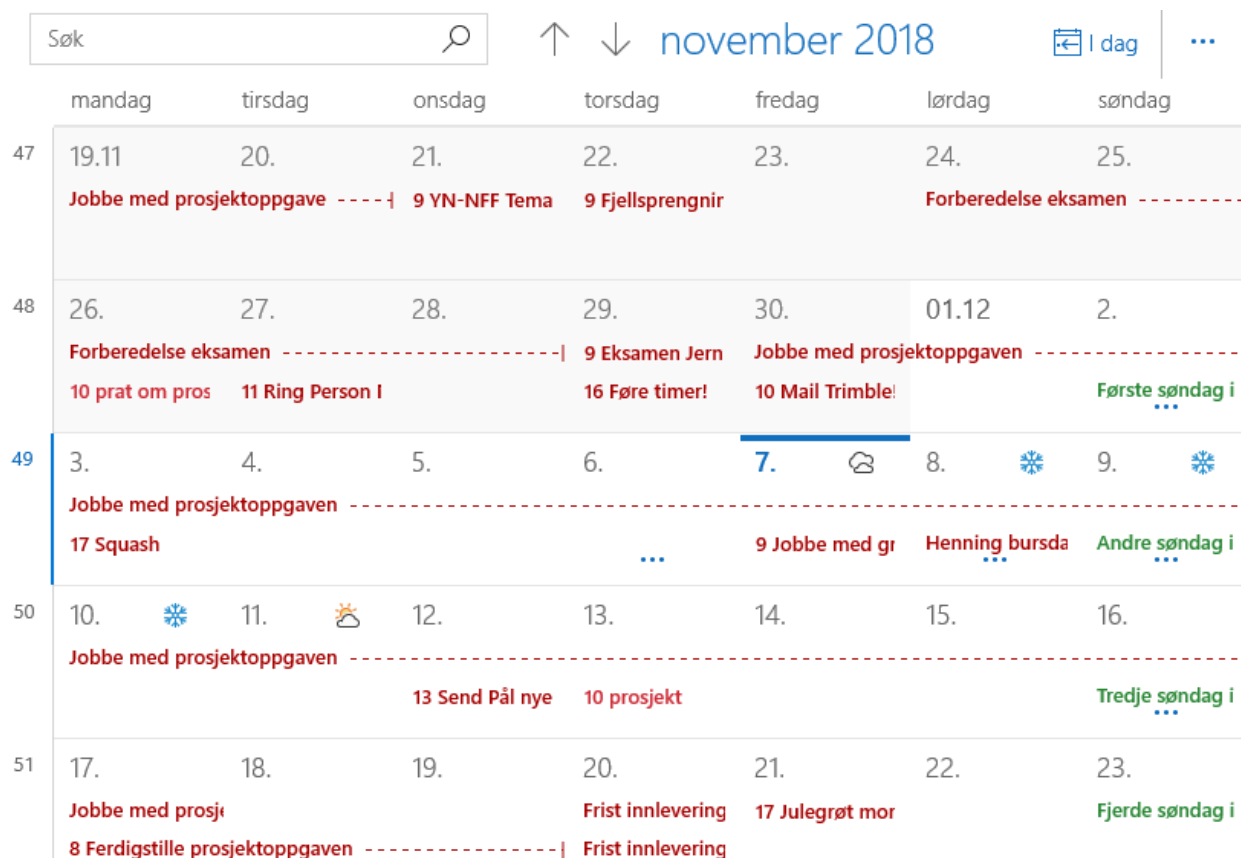
Denne inndelingen er viktig for å kunne ha en effektiv oppfølging av gjennomføringen av prosjektet. Det er også viktig at aktivitetene på laveste nivå er autonome og avgrenset. Disse arbeidene på det laveste nivået vil være de mest detaljerte, og det gjør valget av det laveste nivået ekstra viktig. Dette med særlig tanke på rapportering av fremdrift og kostnader, men også for valg av kontraktstrategier i prosjektet (Rolstadås, 2011).

## 2.3 Fremdriftsplanlegging

Fremdriftsplanlegging er et viktig tema, da det handler om hvilke aktiviteter prosjektet innehar og når, hvor og hvordan de skal utføres. Det er snakk om ressursbruk og planen for dette kan ha stor innvirkning på prosjektets kostnad og måloppnåelse (Eastman et al., 2008). For å gjennomføre en god fremdriftsplanlegging må prosjektet være brutt ned i mindre og logiske deler, som har blitt forklart tidligere i delkapittel 2.2 Prosjektnedbrytning.

Fremdriftsplanlegging kan for eksempel gjelde planleggingen av hverdagen til en student før jul. Aktiviteter som skolejobbing, eksamen og trening settes opp for å få en god oversikt over hva som skjer i den kommende perioden. Dette kan vises som noe så enkelt som en vanlig ukeplan der de ulike aktivitetene er merket av på gitte tidspunkt (Halleraker, 2014). Figur 2 viser et eksempel av hvordan forfatterens egen ukeplan for november/desember så ut, vist i et vanlig kalenderverktøy.





Figur 2: Eksempel på enkel ukeplan

### 2.3.1 Begrepsforklaring innen fremdriftsplanlegging

Det er mange ulike ord og uttrykk som gjelder særlig for temaet fremdriftsplanlegging, det er derfor lagd en begrepsforklaring til de mest aktuelle begrepene brukt i denne oppgaven, vist i Tabell 2 under.

Tabell 2: Begrepsforklaring innen fremdriftsplanlegging

Ord	Forklaring
<b>Aktivitet</b>	En eller flere arbeidsoperasjoner som krever en viss ressurs for å bli utført
<b>Avhengighet</b>	Sier noe om relasjonen til aktivitetene og den bestemte rekkefølgen mellom dem
<b>Avvik</b>	Forskjellen mellom faktisk utført og planlagt aktivitet
<b>Bar-chart</b>	Bar diagram på norsk, se Gantt-diagram
<b>Buffer</b>	En måte å håndtere endringer i planen på, kan være med ekstra tid, aktiviteter eller mannskap
<b>Enhetstid</b>	Den tiden en gitt arbeidsoperasjon tar pr. mengde
<b>Excel</b>	Microsoft Excel, digital programvare, se underkapittel 2.4.1
<b>Flyt</b>	"Den maksimale tiden en aktivitet kan forskyves uten å påvirke etterfølgende aktivitet eller sluttdatoen til prosjektet" (Halleraker, 2014, s. 27).
<b>Gantt-diagram</b>	Et diagram som viser en fremdriftsplan med ulike aktiviteter som barer langs en tidsakse, se underkapittel 2.3.4
<b>Grensesnitt</b>	Skille mellom ulike arbeidsoperasjoner, aktiviteter eller kontrakter
<b>Hendelse</b>	"Det tidspunktet hvor en aktivitet starter eller slutter" (Rolstadås, 2011, s. 139)

<b>Isy Prosjektplan</b>	Digitalt verktøy for fremdriftsplanlegging
<b>Kontrollområde</b>	Brukt spesielt ved taktplanlegging. Et avgrenset område som innebærer omtrent den samme arbeidsmengden, eks. en etasje
<b>Kritisk aktivitet</b>	En aktivitet som ikke har noe flyt, altså hvis denne aktiviteten forskyves tidsmessig, vil sluttdatoen også forskyves tilsvarende
<b>Kritisk vei</b>	Den sammenhengende kjeden kritiske aktiviteter for fremdriften, fra starten til slutten av prosjektet
<b>LOB</b>	Line of Balance, det engelske ordet for skråstreksplanlegging
<b>LPS</b>	Last Planner System, som er en planleggingsfilosofi under LEAN construction, der den som utfører arbeidet deltar i planleggingen selv
<b>Milepæl</b>	Planlagt hendelse som markerer ferdigstillingen av et sett med arbeidsoperasjoner eller oppnådd resultat, eks. gjennomslag tunnel
<b>MS Project</b>	Microsoft Project, digitalt verktøy for fremdriftsplanlegging, se underkapittel 2.4.2
<b>Nettverksdiagram</b>	En måte å vise relasjonene mellom aktiviteter eller hendelser på
<b>Oppfølging</b>	Kontroll av fremdrift og eventuelt sette i gang korrigerende tiltak
<b>Primavera Scheduling</b>	Digitalt verktøy for fremdriftsplanlegging
<b>Produktivitet</b>	"Mål på forholdet mellom produsert mengde og innsatsfaktor brukt. Uttrykkes ofte som produkt produsert per timeverk" (Halleraker, 2014, s. 28)
<b>PNS/WBS</b>	Prosjektnedbrytningsstruktur/Work Breakdown Structure, er en hierarkisk måte å strukturere prosjektets arbeidsoperasjoner og ressurser på (Rolstadås, 2011)
<b>Relasjon</b>	Viser avhengigheten mellom aktiviteter
<b>Ressurs</b>	De faktorene som må settes inn for å gjennomføre en aktivitet. For eksempel mannskap, maskiner, tid, penger eller materiell
<b>Skråstreksplanlegging</b>	En metode for fremdriftsplanlegging som fremstiller aktiviteter i et diagram med både tids- og stedsakse, se underkapittel 2.3.5
<b>Slakk</b>	Et annet ord for flyt
<b>Taktplanlegging</b>	En metode for fremdriftsplanlegging som har sine røtter i LEAN Construction og samlebåndproduksjonen, se underkapittel 2.3.6
<b>TILOS</b>	Time and Location System, digitalt verktøy for skråstreksplanlegging, se underkapittel 2.5.2
<b>Usikkerhet</b>	Sier noe om mangelen på kunnskap, informasjon eller kontroll over ulike forhold i fremtiden
<b>Varighet</b>	Tidsbruken av en aktivitet eller et prosjekt
<b>Quadri</b>	Trimble sin åpne skyløsning for fildeling
<b>4D BIM</b>	At en modell er koblet opp mot fremdriftsplanen. Den fjerde dimensjonen i BIM, altså den tredje dimensjonen (3D) pluss tidsaspektet.

### 2.3.2 Hvorfor fremdriftsplanlegge

Som nevnt tidligere i oppgaven blir mange av anleggsprosjektene i Norge større og større og god planlegging av disse er essensielt for å få et vellykket prosjekt. Forskere som Tang et al. (2014) skriver at fremdriftsplanlegging er en av de mest fundamentale funksjonene innen prosjektledelse for anleggsprosjekt. Planene for fremdriften i prosjektet må derfor være mest mulig realistiske så planene faktisk kan følges i løpet av prosjektperioden.

Fremdriftsplanlegging av prosjekter handler om å definere hvilke aktiviteter som skal gjøres, hvilke mannskap som skal utføre disse og når skal de ulike aktivitetene foregå (Kerzner, 2017).

Samme forfatter skriver videre om fire elementære årsaker for hvorfor prosjekter bør planlegges med fokus på fremdriften:

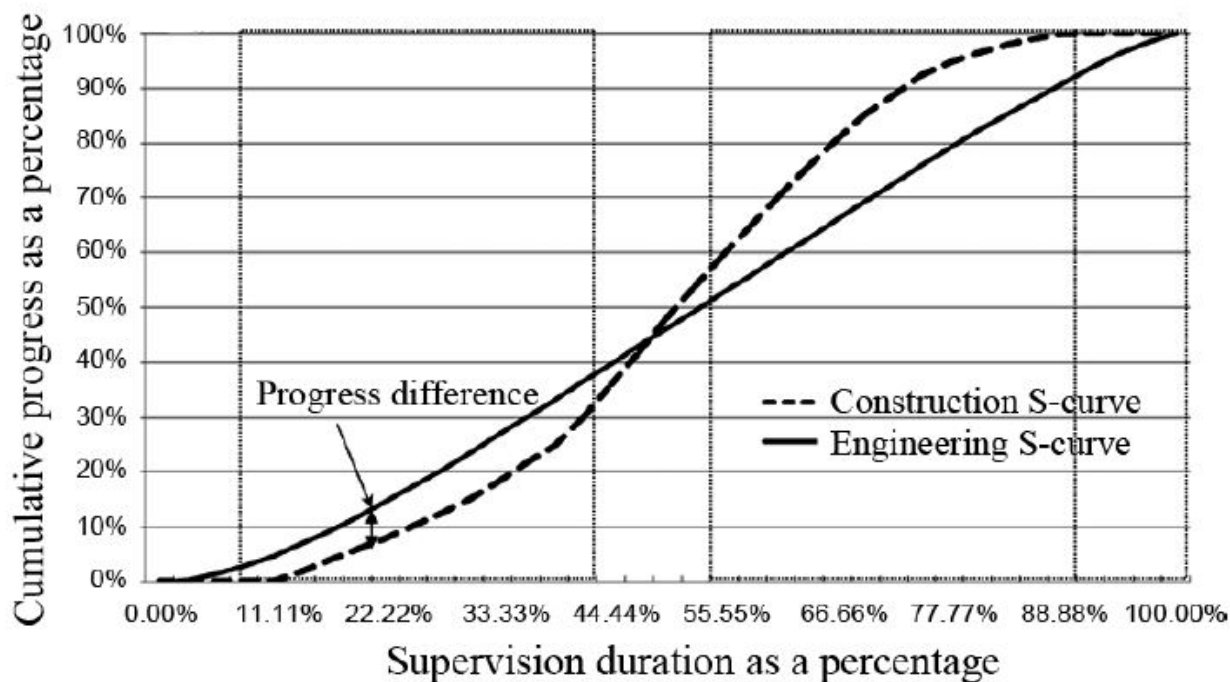
1. Redusere usikkerheten i prosjektet.
  2. Legge opp til effektiv utførelse av arbeidet.
  3. For at aktørene i prosjektet får en bedre målforståelse.
  4. Legge grunnlaget for kontroll og oppfølging av arbeidene i prosjektet.
- (Kerzner, 2017).

Som nevnt tidligere om prosjektbasert produksjon er usikkerhet et viktig poeng, der denne ikke kan elimineres helt, men den bør gjøres så liten som mulig. Effektiv utførelse av arbeidet handler blant annet om å spare kostnader og tid. Det tredje punktet er viktig for at aktørene skal se det store bildet for hvorfor prosjektet skal realiseres, men også for å se hvilke mål som er relevant for sin rolle eller organisasjon. Punkt fire handler om å ha et godt system i prosjektet, som er utarbeidet tidlig og at det er en god kobling mellom fremdriftsplanen og systemet for å følge opp faktisk fremdrift under bygging.

Det finnes et kjent ordtak fra Dwight Eisenhower relatert til noen av disse punktene: "The plan is nothing, planning is everything". Det vil si at det er viktig å ha en plan, for da forbereder man seg på hva som skal skje. Samtidig er det ikke planen i seg selv som er viktig, men andre effekter av selve planleggingsarbeidet som man kan dra nytte av i situasjoner der endringer oppstår.

### 2.3.3 S-kurver for prosjektoppfølgning

I sammenhengen med oppfølging av prosjekter, brukes S-kurver til å ha kontroll på faktisk fremdrift. Figur 3 viser faktisk fremdrift, *Construction S-curve*, sammenliknet med planlagt fremdrift, *Engineering S-curve*. Chao and Chien (2010) skriver at S-kurver viser på en grafisk måte den kumulative progresjonen eller fremdriften langs y-aksen i denne figuren. Langs x-aksen vises hvor lenge prosjektet har vart i tid, vist som prosent av hele prosjektperioden. 0% er prosjektets start og ved 100% er prosjektet ferdig. Chao and Chien (2010) skriver videre at fremgangen ofte treg i starten og på slutten av prosjektet, vist med slak stigning. Dette ser man av formen på kurvene, særlig kurven for faktisk fremdrift. Faktisk fremdrift øker som regel når prosjektet kommer bedre i gang, da vist med en brattere kurve. Den tradisjonelle måten å etablere S-kurver på, er basert på de planlagte tidene for alle aktivitetene i prosjektet og deres prosentvise inndeling i prosjektet. Disse inndelingene kan for eksempel være gitt i antall timeverk som er brukt, eller meter bygd vei eller drevet tunnel. Så kan de estimerte progresjonsprosentene bli kalkulert ved hjelp av en enkel formel. Det er viktig med gode estimater for S-kurven for planlagt fremdrift, samtidig som at S-kurven også må oppdateres i ettertid (Chao and Chien, 2010).

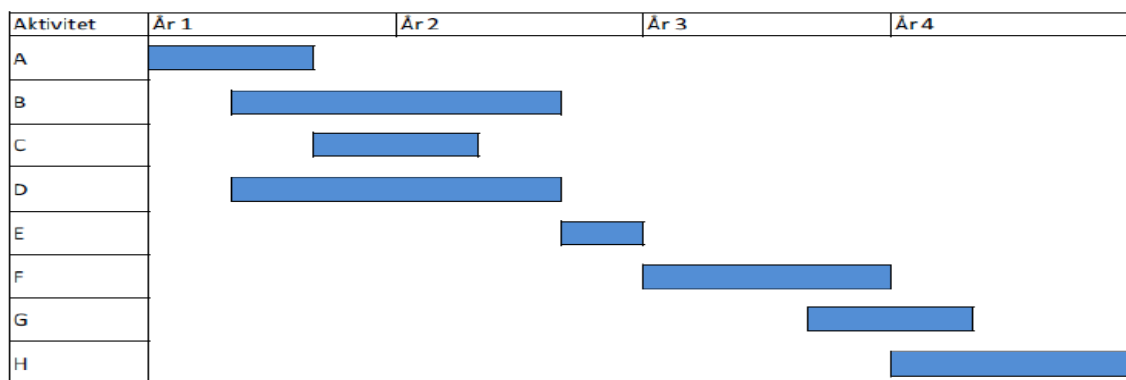


Figur 3: Eksempel av en S-kurve (Wang et al., 2016, p. 896)

Som man kan se av figuren over er det enkelt å se om et prosjekt ligger bak, foran eller bak planen, kalt *Progress difference*, altså forskjell i fremdrift. Wang et al. (2016) skriver at S-kurver er brukt mye under oppfølging av bygge- og anleggsprosjekt og at de er verdifulle for både rapportering av status, samt å forutse fremtiden til prosjekter.

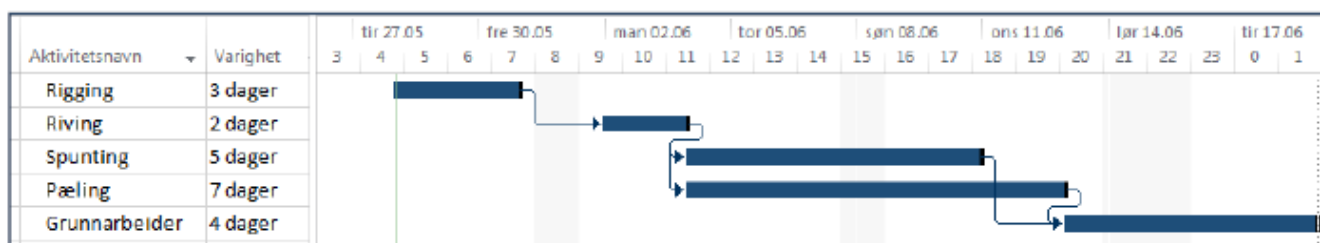
### 2.3.4 Gantt-diagram

Dette er en metode som er brukt for å vise fram en fremdriftsplan. Det er den mest vanlige metoden i dag og den mye brukt i både bygg- og anleggsbransjen (Duffy et al., 2011; Halleraker, 2014), men også innen planlegging av forskning, rådgivning og andre tjenester. Som Figur 4 viser, fremstiller oftest et Gantt-diagram en tidsakse horisontalt og en akse for de ulike aktivitetene som skal gjøres i vertikalaksen. Aktivitetens tidsbruk illustreres i diagrammet som barer langs tidsaksen, med start, slutt og varighet. Det er derfor metoden også kan bli kalt for bar-diagram eller bar-charts. Disse barene kan man endre fargekoder på for å skille type aktiviteter og sette inn faktisk framdrift for hver aktivitet som en strek gjennom hver bar. Gantt-diagram er mye brukt på grunn av at de er enkle å lage, grafisk oversiktlige og at de er intuitive for de fleste (Halleraker, 2014).



Figur 4: Eksempel på et enkelt Gantt-diagram (Halleraker, 2014)

Figur 5 viser et Gantt-diagram med relasjoner, eller avhengigheter. Her kombineres Gantt-diagram med et slags nettverksdiagram. En ulempe med denne metoden er at det kan bli rotete når man viser relasjonene mellom aktivitetene på denne måten, særlig i store diagram med mange aktiviteter (Halleraker, 2014).

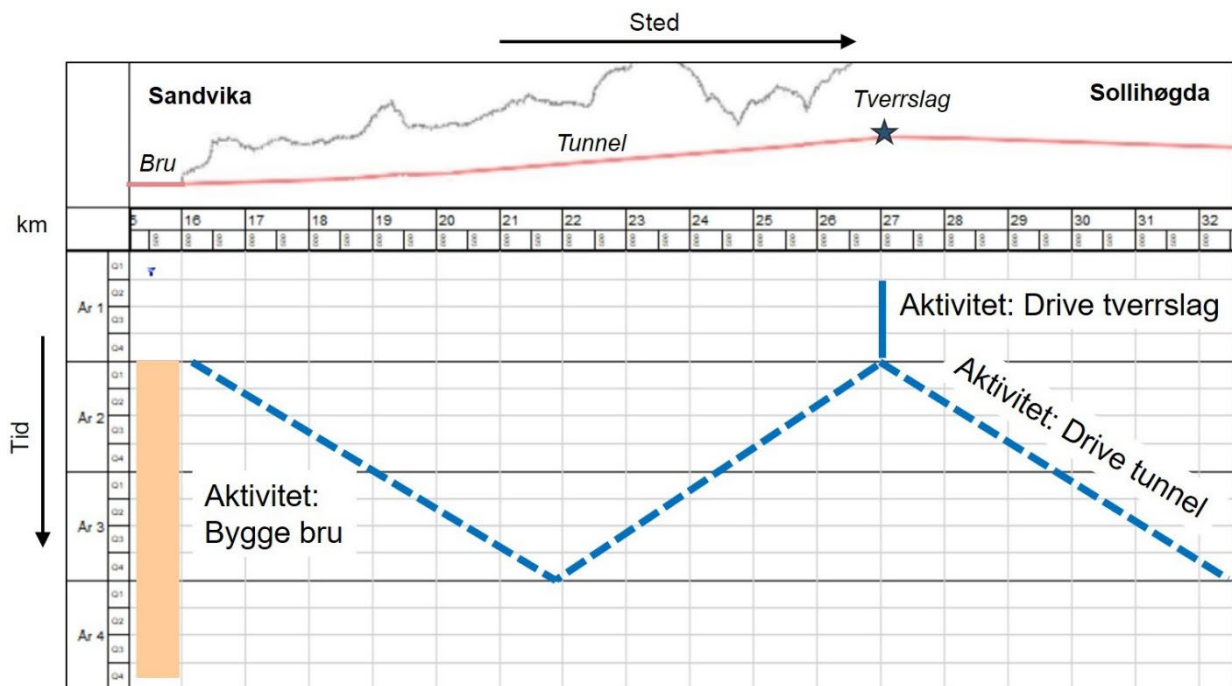


Figur 5: Eksempel Gantt-diagram med relasjoner (Halleraker, 2014)

### 2.3.5 Skråstreksplanlegging

Skråstreksplanlegging, eller Line of Balance (LOB), er en etablert teknikk for å planlegge repetitive anleggsprosjekter. Denne teknikken har vært etablert i over 50 år, men har allikevel ikke blitt brukt i stor grad i anleggsindustrien (Baldwin and Bordoli, 2014). Baldwin og Bordoli (2014) mener en grunn til dette er at man tidligere måtte gjøre alt arbeidet med omregning og tegning manuelt etter endringer i planen, da det ikke fantes god nok programvare til dette. Slike programmer har kommet på markedet de senere årene, i takt med utviklingen av programvare for BIM. Dette medfører nye muligheter for å implementere bruken av skråstreksplanlegging i anleggsprosjekter i dagens bransje (Baldwin and Bordoli, 2014).

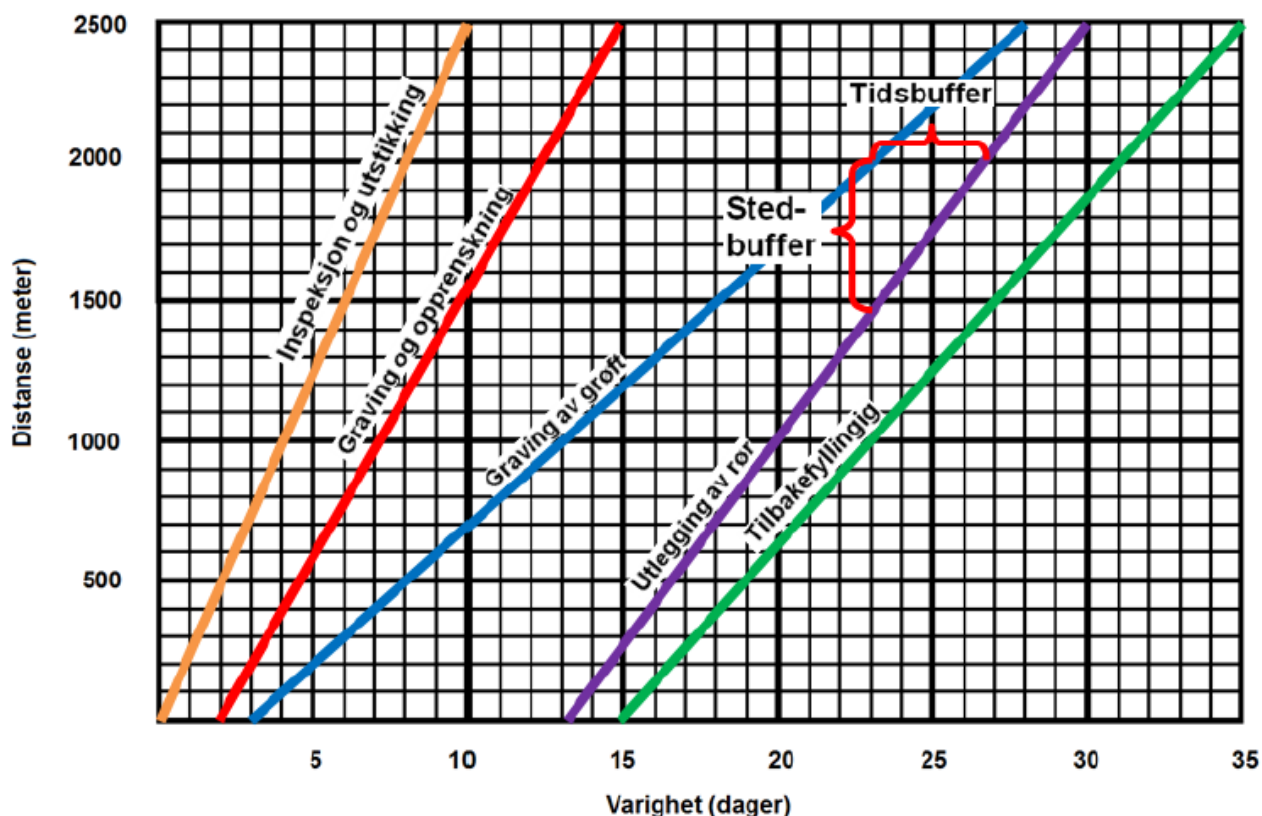
Denne måten å fremstille en fremdriftsplan på består av en tidsakse, en stedsakse og de ulike aktivitetene plottes inn i dette diagrammet, se Figur 6 for et eksempel på en enkel skråstreksplan fra FRE16. Dette gir et oversiktlig bilde over fremdriften, både med tanke på tidsbruk, men også hvor aktivitetene skjer på gitte tidspunkt. I toppen av diagrammet er det her satt inn et tverrprofil av deler av strekningen for å vise enda tydeligere hvor arbeidene skal skje langs aksen i prosjektet. Halleraker (2014) skriver at skråstreksdiagram egner seg veldig godt for lineære anleggsprosjekt som vannkraft, tunneler, vei- og banebygging. Disse planene passer særskilt godt til prosjekt med repeterende aktiviteter og lang utstrekning som for eksempel tunnelprosjekt (Halleraker, 2014).



Figur 6: Eksempel av en enkel skråstreksplan fra FRE16 (Norconsult AS, 2018)

Et viktig poeng for hvorfor skråstreksplaner egner seg godt for slike prosjekt gjelder punktet om repeterende aktiviteter. Dette aspektet gjør at man kan sette opp en viss produksjonsrate, for eksempel meter fremdrift boring og sprenging i tunnel pr. dag. Det gjør at man får linjer i diagrammet basert på denne produksjonsraten, slik at det vil være lett å se hvilke aktiviteter som har lav eller høy rate, basert på stigningstallet til linjene. I Figur 7 under vil for eksempel inspeksjon og utstikking ha en bratt linje, altså høy produksjonsrate, sammenliknet med graving av grøft som har slakere stigning da aktiviteten tar lenger tid å gjennomføre. Samtidig vil man kunne dele inn prosjektet i ulike deler eller parseller. Dette for å sette ulike produksjonsrater gjennom områder der man antar å ha ulik fremdrift.

Figur 7 viser ulike eksempler på buffere, en for tid i horisontalplanet og en for sted i vertikalplanet. Disse illustrerer avstanden mellom linjene, som angir en sikkerhet for endring i planen ved at aktivitetene ikke følger rett etter hverandre. Hvis noen av linjene i diagrammet krysses, indikerer dette at man har fått en kollisjon av to aktiviteter. Dette sees i skråstreksdiagrammet med at de er planlagt på samme tidspunkt og sted. Dette er en styrke i planleggingsarbeidet for å hindre kollisjoner under anleggsperioden.



Figur 7: Eksempel skråstreksplan med buffer (Halleraker, 2014)

Forskere som Duffy et al. (2011) mener at for å effektivt planlegge lineære anleggsprosjekt, er det nødvendig å ha fokus på de repeterende aktivitetene og estimere en sannsynlig produksjonsrate, i stedet for å fokusere på forholdet mellom aktivitetene. De skriver også at en av de store fordelene med denne typen planlegging ikke nødvendigvis ligger i evnen til å organisere prosjekt, men heller mangfoldet av grafiske muligheter den innehar. Den visuelle enkelheten som skråstreksplaner gir, gjør at prosjektledere, planleggere, eiere og entreprenører bedre kan forstå og se for seg planen (Duffy et al., 2011). Halleraker (2014, s.49) definerer tre steg for å lage en skråstreksplan:

1. Identifisere aktiviteter
2. Estimere produksjonsraten
3. Sette aktivitetene i rekkefølge

I de nevnte stegene bør man også ha med definering av lokalitet og tidspunkt, altså hvor og når ulike aktiviteter skal foregå, for eksempel med å legge til et steg 4 for dette:

4. Definere plassering og starttidspunkt for aktivitetene

De senere årene har skråstreksplanlegging blitt brukt som inspirasjon for kombinasjonen mellom taktplanlegging og 4D BIM for bygging av høyhus, som i likhet med tunneldrift også har repeterende aktiviteter (Halleraker, 2014). Se de neste to underkapitlene for mer informasjon om disse to metodene.

### 2.3.6 Taktplanlegging

Taktplanlegging er en modell for fremdriftsplanlegging og gjennomføring av bygge- og anleggsprosjekter inspirert av LEAN, samlebåndsproduksjon og til dels skråstreksplanlegging. Prinsippet med taktproduksjon er at man deler områdene på bygge- eller anleggsplassen inn i repeterbare områder, der hver aktivitet skal ferdigstilles i løpet av en viss tid, slik at man holder en jevn takt for progresjonen (Eylertsen et al., 2017). Det kan for eksempel være at en etasje i en boligblokk skal males i løpet av en uke, påfølgende uke skal brukes til å legge gulv og legge lister og slik går takten videre.

Det brukes allerede en form for takt i flere typer anleggsprosjekter, uten at man kaller det for taktplanlegging. I konvensjonell tunneldrift benytter man seg av en fast syklus, hvor de ulike arbeidsoperasjonene er adskilt og sekvensert i en hensiktsmessig rekkefølge (Eylertsen et al., 2017, s. 14–15).

Her kan man beregne en viss inndrift pr. dag eller uke, ut fra fjellkvalitet, størrelse av tverrsnitt og mannskapets erfaring og effektivitet, som spiller inn på syklustiden. Dette kan da brukes til å planlegge den totale fremdriften for prosjektet. Prosjekter innen tunneldrift benytter altså en form for taktplanlegging allerede og det bør derfor kunne planlegges slike prosjekt med taktplanlegging. (Haghsheno et al., 2016) støtter opp om dette, da de skriver at for prosjekter som foregår med at produktet produseres med repeterbare sykluser egner taktplanlegging seg godt.

Etter at en taktplan er lagt, vil arbeidet kunne gjennomføres og repeteres etter samme plan. Allikevel vil det være noen utfordringer med å lage en slik taktplan, da essensen med en taktplan er at den skal følges til punkt og prikke i prosjektet. Varierende forhold i berget det drives i, vil gjøre at takten endres og dermed også planen, dette til tross for gode forundersøkelser. Samtidig vil det medføre vanskeligheter å dele inn tunnelen i gode soner for gjennomføringen av taktplanen. Mye av arbeidet foregår ved stoffen for den delen av prosjektet som innebærer boring og sprengning (Eylertsen et al., 2017).

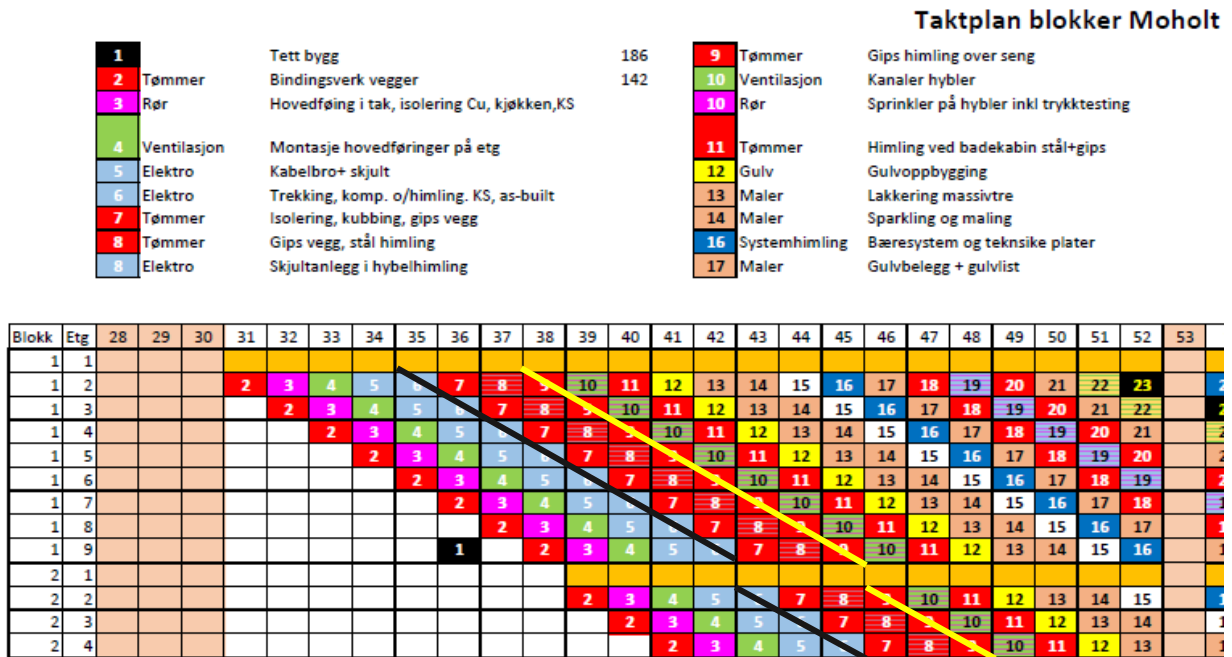
Halleraker (2014) skriver at man bør ha ulike buffere i taktplanlegging, selv om takten i prinsippet skal gå av seg selv. Man bruker buffere for å hente inn feil i planleggingen eller at man mangler mannskap en dag. Det kan brukes bufferaktiviteter, legge inn buffertid eller buffer i form av ekstra mannskap. Frandson et al. (2013) presenterer en sekstrinns iterativ prosess i utviklingen av en taktplan. Punktene følger hverandre i en naturlig rekkefølge, men det er uansett lurt å følge disse trinnene i utarbeidelsen av en slik plan.

1. Datainnhenting
2. Definere soner
3. Rekkefølgen av fagene
4. Varigheten av arbeidet til hvert fag
5. Balansere arbeidsflyten
6. Ferdigstille en helhetlig produksjonsplan

Figur 8 viser taktplanen som Veidekke brukte for å gjennomføre boligprosjektet Moholt 50|50 i Trondheim, som et godt eksempel på en oversiktlig og god taktplan.



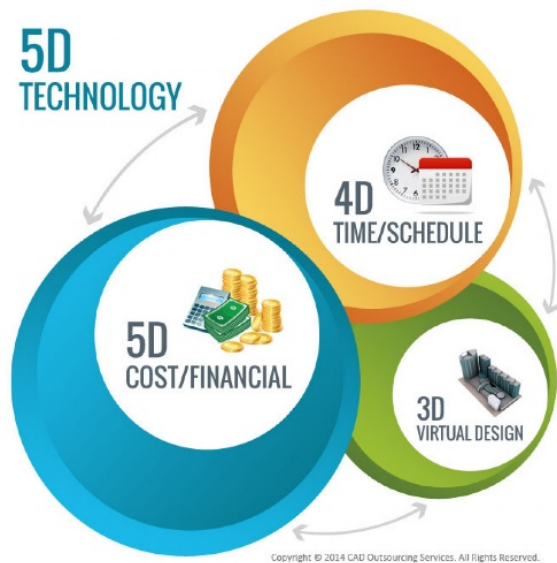
Som nevnt i forrige underkapittel er denne metoden delvis inspirert av skråstreksplanlegging da man har en stedsakse nedover, tidsakse bortover og en gitt produksjonsrate, her en etasje i uken. Dette resulterer i at hvis man trekker linjer gjennom planen, får man en slags skråstreksplan, vist i figuren under.



Figur 8: Eksempel på en del av en taktplan fra Moholt 50/50 (Eylertsen et al., 2017)

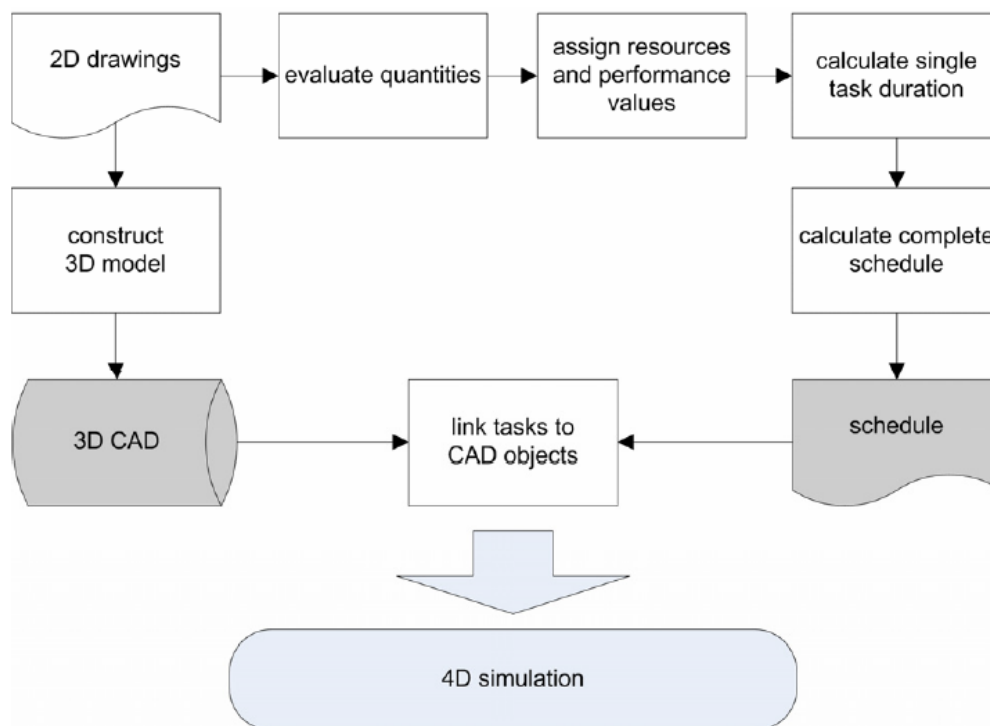
**2.3.7 4D BIM**

Uttrykket BIM blir mer og mer brukt i dagens bygge- og anleggsbransje og som det har blitt nevnt tidligere finnes det ulike oppfatninger av hva en BIM modell inneholder. Utrykket 4D derimot er det mer entydighet omkring. Her er det snakk om en kombinasjon av en 3D-modell med fremdriftsplanen, som da skaper den fjerde dimensjonen, illustrert i Figur 9. I figuren vises også den femte dimensjonen, som i tillegg inneholder kostnader eller økonomiaspektet for et prosjekt.



Figur 9: 3D, 4D og 5D (Visually, 2014)

Som regel fungerer koblingen av 3D CAD (Computer Aided Design) modellen enten manuelt eller halvautomatisk, der særlig den manuelle jobbingen er veldig tidkrevende (Tulke and Hanff, 2007). Disse forskerne presenterer hvordan denne prosessen oftest foregår i Figur 10. Som figuren viser, krever denne prosessen tre ulike typer dataprogram for å skape 4D modellen eller simuleringen: Et program for å lage en 3D CAD, et program for fremdriftsplanleggingen og et program som slår disse to produktene sammen, altså et visningsprogram for å vise dette i en 4D modell.



Figur 10: Prosessen for å skape 4D simulering (Tulke and Hanff, 2007)

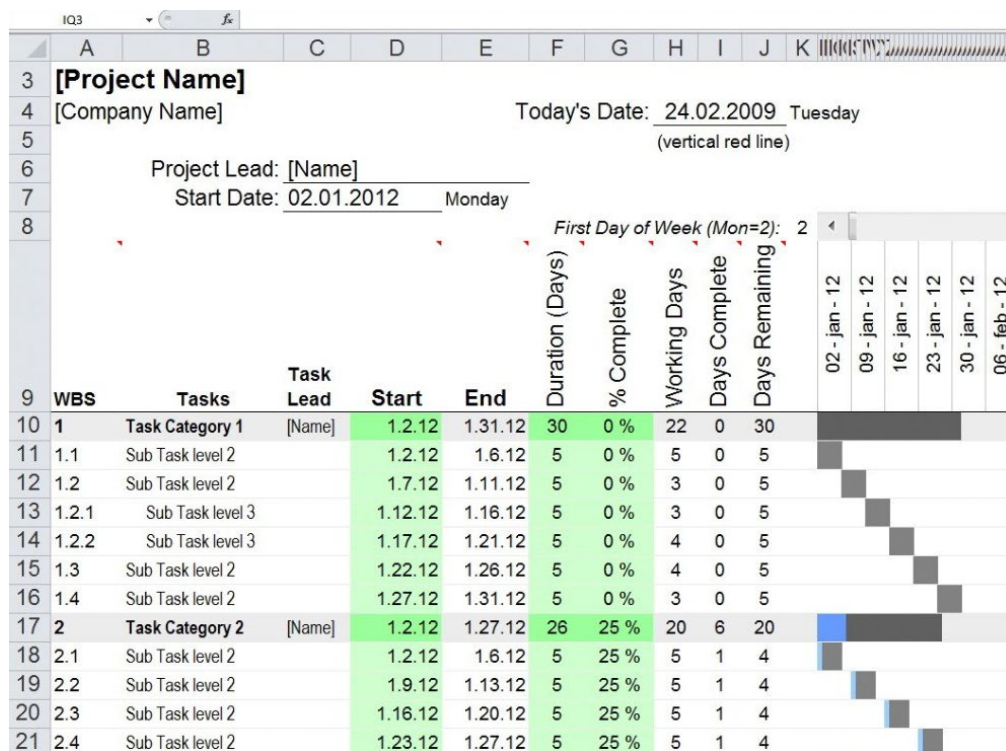
Ifølge Staub-French et al. (2008) tilbyr vanlige Gantt-diagram eller tidsskalerte nettverksdiagram for store prosjekter, fra et fremdriftsplanleggingsperspektiv, begrenset hjelp for å kunne vurdere kvalitet og gjennomførbarhet for en fremdriftsplan. Her mener de at 4D BIM gir et mye høyere potensial ved å animere en tidsplan opp imot en modell, slik at det er lettere å vurdere om planen vil fungere i prosjektet. Dette vil også vise byggbarheten til elementene som skal bygges, ved å se avhengigheter mellom dem og når de skal være bygd for at planen skal fungere (Staub-French et al., 2008).

## 2.4 Tradisjonelle digitale verktøy for fremdriftsplanlegging

Halleraker (2014) skriver at digitale hjelpemidler for fremdriftsplanlegging i all hovedsak brukes for å formidle informasjonen i et stort prosjekt, på en god og oversiktlig måte. Hun påpeker også viktigheten av at uansett hvor godt dataprogram man bruker, blir ikke planen noe bedre enn de parameterne man putter inn i programvaren. I dette delkapittelet blir de digitale programmene Microsoft Excel (Excel), Microsoft Project (MS Project) og Isy Prosjekt Plan presentert. De to førstnevnte er de mest tradisjonelle og kjente digitale verktøy for digital fremdriftsplanlegging. Alle tre er enkle å bruke og kan generere Gantt-diagram (Halleraker, 2014).

### 2.4.1 Excel

Microsoft Excel er et dataprogram som er mest kjent for bruken av regneark innen økonomi eller for å lage ulike tabeller, grafer og andre mulige fremstillinger. Excel er et forståelig og enkelt program å bruke, samtidig som det er tilgjengelig og inkludert i programvarepakken som kommer fra Microsoft (Halleraker, 2014). Dette er mest sannsynlig også grunnen til at det brukes mye innen fremdriftsplanlegging i bygg- og anleggsbransjen. Denne programvaren brukes oftest av entreprenører, innen de mest detaljerte planene, som ukeplanlegging. Her kan både fagarbeiderne og baser bruke programvaren og enkelt gjøre endringer der det trengs. I denne programvaren er det muligheter for å legge inn flere opplysninger som ulike ressurser i planen (Halleraker, 2014). Figur 11 viser hvordan en fremdriftsplan i Excel kan se ut.

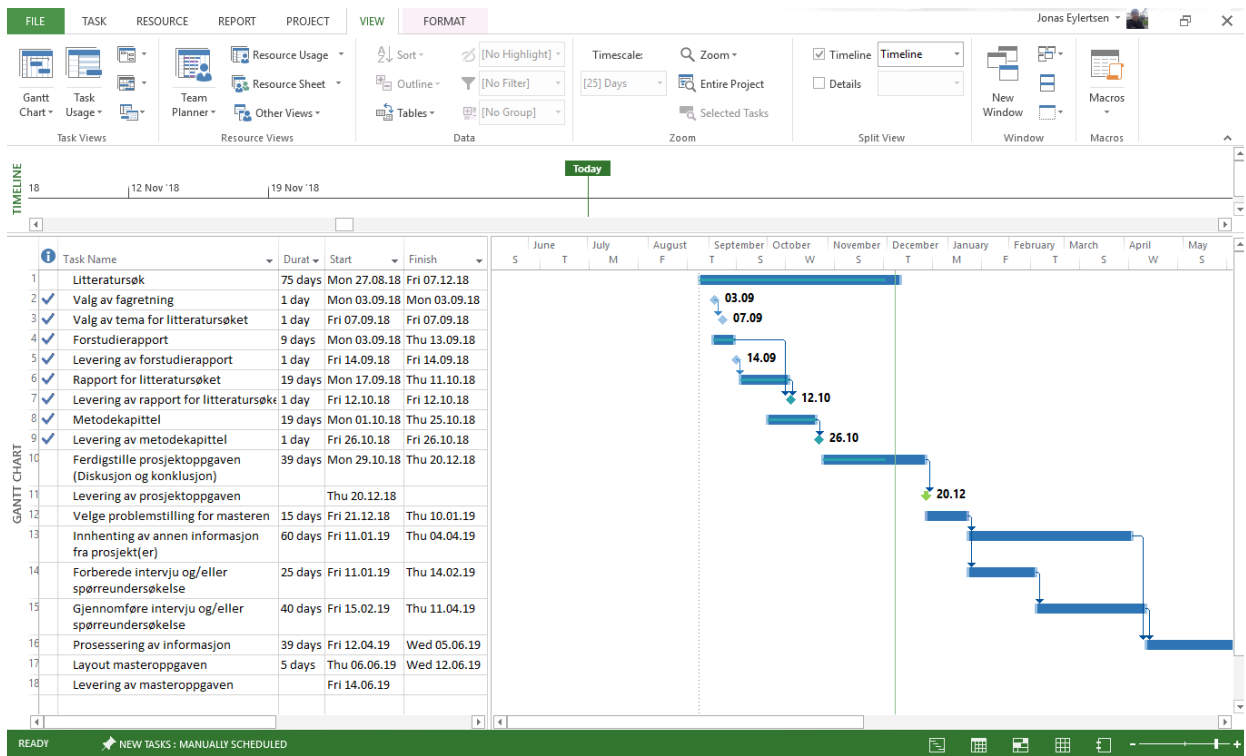


Figur 11: Eksempel på fremdriftsplan i Excel (Ulvestad, 2014)

### 2.4.2 MS Project

Denne programvaren er kanskje det mest brukte digitale verktøyet for fremdriftsplanlegging i BA-bransjen i dag. Det er enkelt å bruke og visualiserer planen som oversiktlige Gantt-diagram, ofte vist med relasjoner mellom aktivitetene, men kan også vises som et rent nettverksdiagram (Halleraker, 2014). Figur 12 viser hvordan en Gantt-plan med relasjoner vises i MS Project. I denne planen kan man også se fremdriften i prosjektet vist som lyseblå streker inne i hver bar som markerer hver aktivitet og dagens dato vist som en vertikal strek.

MS Project har også innebygde funksjoner for ressursbehandling og oppfølging under bygge- og anleggsperioden. "Microsoft Project gjør det mulig for organisasjoner å proaktivt håndtere ressursutnyttelse, identifisere flaskehalser tidlig, nøyaktig prognose for ressursbehov og forbedre prosjektvalg og levering på tiden" (Microsoft, 2018).



Figur 12: Illustrasjon av MS Project

### 2.4.3 Isy Prosjekt Plan

"Isy Prosjekt Plan er et moderne planverktøy med lav brukerterskel" (Kjeldstad, 2018, s. 1).

Dette verktøyet er utviklet av Norconsult Informasjonssystemer med hensikten å fjerne kommunikasjonsbarrierer. Programvaren skal også gjøre at de involverte i prosjektet, forholder seg til et felles planverktøy og dataene som brukes er åpne og lett forståelig. Kunder som bruker programvaren sier at programmet er enkelt å bruke. Samtidig som at det blir lettere å diskutere, planlegge og styre prosjekter, med hjelp av programvaren.

Samarbeidsformen blir med andre ord forenklet for alle parter. Isy Prosjekt Plan bruker Gantt-visninger med aktivitetskoblinger og er særlig godt egnet når det kommer til budsjettering, styring, oppfølging av timebruk og generell rapportering i prosjektet (Kjeldstad, 2018).

## 2.5 Nyere digitale planleggingsverktøy, TILOS

De senere årene har det blitt utviklet en rekke nye digitale verktøy som brukes for å planlegge bygge- og anleggsprosjekt, som Primavera Scheduling og TILOS. Felles for disse er at de forsøker å gi brukerne gode løsninger for å effektivt kunne lage gode og oversiktlige planer for ulike typer prosjekt. Det er sistnevnte programvaren TILOS, som skal beskrives videre i dette delkapittelet.

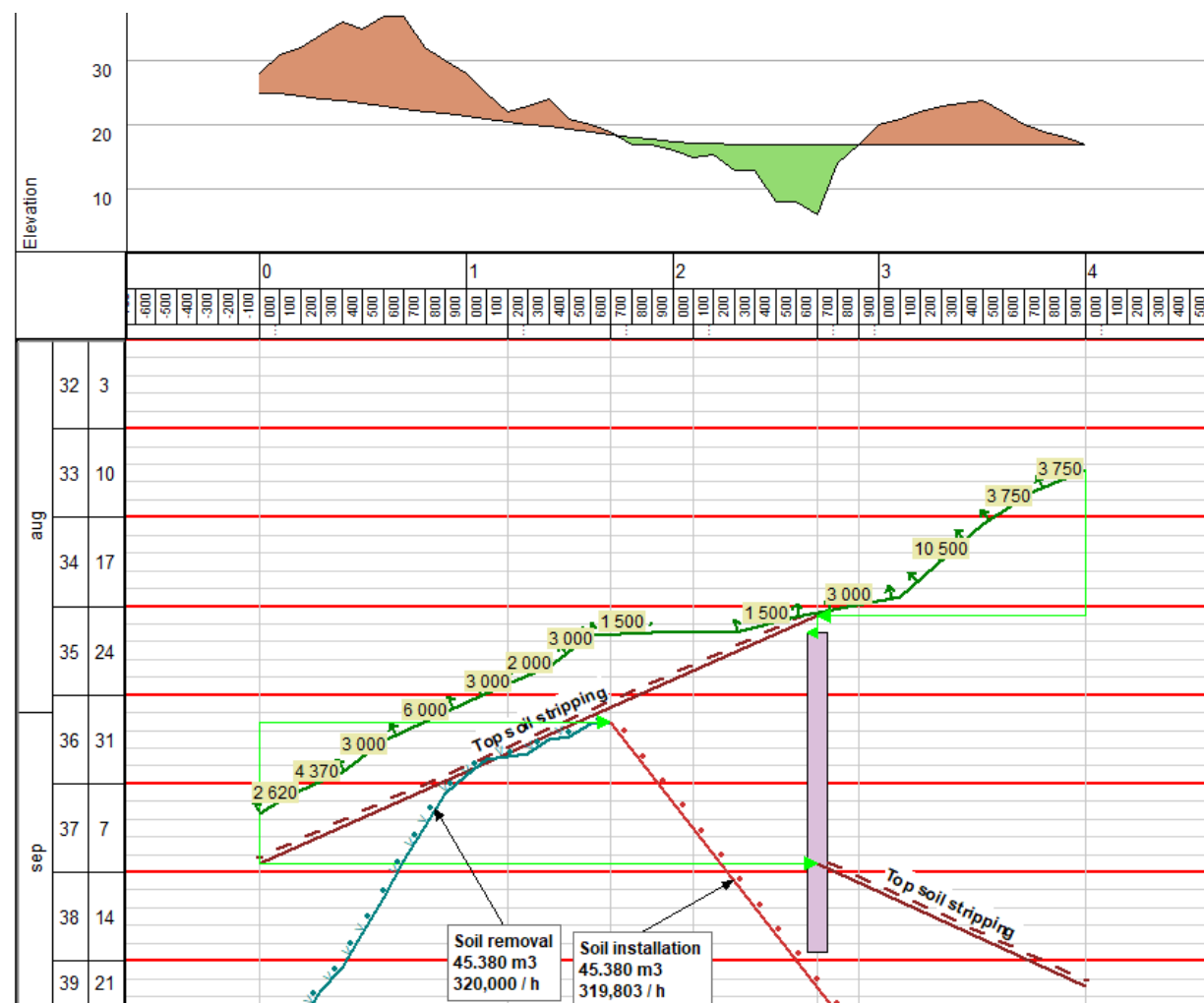
### 2.5.1 Om produsenten Trimble

Trimble (2018b) skriver på sine nettsider at de som teknologiprodusent ble grunnlagt av Charlie Trimble og to andre fra det amerikanske IT-konsernet Hewlett-Packard, i Silicon Valley i 1978. Først fokuserte de på å utvikle innovative systemer for posisjonering og navigering, ved å bruke teknologi som brukte bakkebaserte posisjonings- og tidssystemer (Trimble, 2018b).

I løpet av årene som har gått har de kjøpt opp ulike firmaer og software og tilbyr nå et sett med ulik software som blant annet Novapoint og QUANTM. Det var først i 2015 at de kjøpte bedriften Linear Project GMBH, som var ledende leverandør av planleggingsprogramvare for lineære infrastrukturprosjekter, TILOS, som kan produsere skråstreaksplaner (Trimble, 2018b).

### 2.5.2 Hvordan TILOS fungerer

TILOS forandrer måten man planlegger lineære prosjekter på Dette gjøres ved å integrere en skråstreaksplan, med tid og sted, med et prosjektledelsessystem som inneholder blant annet kostnader, masser og ressurser (Trimble, 2016b). Dette gir oversiktlige og nøyaktige planer, som kan oppdateres underveis og programmet beregner enkelt ny fremdrift ved endringer i planen, noe som reduserer manuelt arbeid (Norconsult AS, 2018). Samtidig kan man effektivt bruke programmet til å unngå kollisjoner av ulike aktiviteter. Ved hjelp av skråstreaksdiagrammet får man dermed kontroll på de ulike grensesnittene i prosjektet. Se Figur 13 for hvordan en skråstreaksplan i TILOS kan se ut.



Figur 13: Eksempel på en skråstreaksplan i TILOS (Lenk, 2018)

Programmet er designet for lineære infrastrukturprosjekter som vei, bane, kraft- og rørledninger og tunneler. TILOS kan også overføre informasjon til eller fra andre programmer som MS Project eller Primavera hvis det er ønskelig. Samtidig kan TILOS vise planen i Gantt-diagram direkte i programmet, i stedet for en skråstreaksplan (Trimble, 2016b).

TILOS egner seg både i planleggings- og byggefases av et prosjekt, da den inneholder mange ulike funksjoner som brukeren selv velger om man vil bruke eller ikke, altså høy fleksibilitet (Norconsult AS, 2018).



Figur 14: Bruken av TILOS gjennom livssyklusen til et prosjekt (Trimble, 2016b)

### 2.5.3 TILOS og samhandling

Trimble har lagd en egen samhandlingsmodell, der TILOS er et sentralt verktøy. Modellen går ut på at prosjekteiere, rådgivere og entreprenører kan ha et effektivt samarbeid ved å bruke ulike tjenester fra Trimble. Figur 15 viser Trimble sin samhandlingsmodell, der Trimble Quadri og Trimble Connected Community er plassert i sentrum. Dette er skybaserte tjenester som skal være grunnlaget for samarbeidsplattformen mellom de ulike aktørene og programmene (Trimble, 2016a). Systemet er lagd slik at programmene kan brukes sammen for å skape en bedre forståelse og plan for et helt prosjekt. For eksempel kan TILOS kobles sammen med modellen fra Novapoint slik at man kan se fremdriften i 2D fra vegen, rørene eller banen.



Figur 15: Trimble sin samhandlingsmodell, Civil BIM - For the Complete Project Lifecycle (Trimble, 2016a)

## 2.6 BIM

På grunn av at det finnes mange misforståelser og feiltolkninger av BIM, oftest med tanke på forskjellen mellom en 3D-modell og BIM, starter dette delkapittelet med en definisjon av BIM.

Bygningsinformasjonsmodellering er en digital representasjon av fysiske og funksjonelle egenskaper av et anlegg. BIM er en felles kunnskapsressurs for informasjon om et anlegg som danner et pålitelig grunnlag for beslutninger i løpet av livssyklusen (National Institute of Building Sciences, 2018).

Det viktigste aspektet med BIM er altså informasjonen som ligger i en BIM modell. En 3D modell alene er altså ikke det samme som en BIM modell, det er bare en måte å vise en del av den informasjonen på (Costin et al., 2018). National Institute of Building Sciences (2018) skriver at et viktig premiss for BIM er samarbeid mellom de ulike aktørene som berører prosjektet. Dette gjelder gjennom hele livsløpet og at de alle har tilgang på og kan endre informasjonen i BIM'en, ofte ved bruk av en nettbasert løsning kalt projekthotell. Dette er viktig så alle har korrekt og oppdatert informasjon, slik at misforståelser og dobbeltarbeid avverges. Figur 16 viser dette livsløpet illustrert med BIM i sentrum av disse prosessene som de ulike aktørene er en del av.



Figur 16: En BIM prosess (Saint-Gobain, n.d.)

Costin et al. (2018) skriver at intensjonen med BIM var opprinnelig å samle all informasjon og aspekter fra både prosjektering og bygging av et anlegg, for å utnytte dette i forvaltnings-, drifts- og vedlikeholdsfasen (FDV-fasen).

Mye av terminologien i bransjen er i dag er knyttet til arbeidsprosesser som baserer seg på tradisjonell prosjektering uten BIM. Eksempler på dette kan være «skisser» og/eller «arbeidstegninger» osv. (Fløisbonn et al., n.d, p. 2).

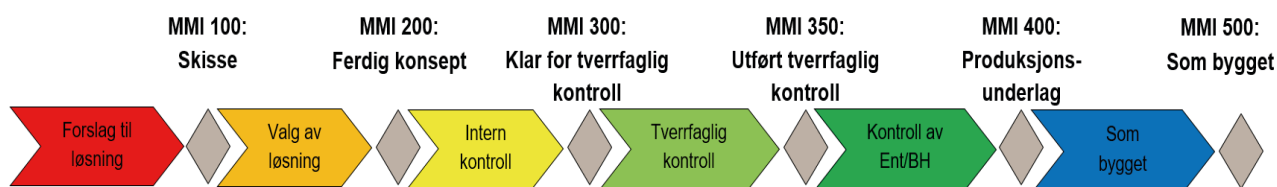
Bruken av BIM setter nye krav til samhandlingen i bygg- og anleggsbransjen og det er viktig at bransjen benytter seg av et standardisert språk. Dette språket må kommunisere på en entydig måte i ferdiggraden av både modeller og objektene i modellen, altså en felles terminologi i næringen (Fløisbonn et al., n.d). Et slikt språk vil derfor beskrives i neste underkapittel.

### 2.6.1 Modell Modenhets Indeks (MMI)

MMI er et felles språk der bestemte tallkoder brukes. Dette for å beskrive modenhetsgraden til de ulike objektene i en BIM, ved hjelp av dette språket. Det gjelder både for geometrien og innholdet av informasjon i modellen (Fløisbonn et al., n.d). Fløisbonn et al. (n.d.) skriver at bruken av MMI har i tillegg en hensikt å få slutt på den usikkerheten som har vært rundt forkortelsen LOD, Level of Development eller Level of Detail. Denne forkortelsen har nesten like betydninger, der det enkelt kan skapes misforståelser. De forteller videre at MMI først og fremst er en metodikk for kommunikasjon når det kommer til gjennomføringen av prosjekteringen i seg selv. (Fløisbonn et al., n.d) skriver at formålet med denne defineringen av MMI er for å skape et felles språk og felles rutiner i bransjen.

Ved å planlegge når objekter i hele eller deler av konstruksjoner skal ha en gitt verdi av MMI, vil man kunne styre prosjekteringsforløpet på en måte som er mer i tråd med de verktøy vi har tilgjengelig gjennom bruk av BIM (Fløisbonn et al., n.d, p. 3).

Med andre ord kan altså riktig bruk av MMI bedre fremdriftsplanleggingen av prosjekter med høyt fokus på BIM. Figur 17 viser prosessen der de ulike prosjekteringsaktivitetene leder frem til de forskjellige MMI-verdiene. Under figuren beskrives hvert MMI-nivå mer detaljert.



Figur 17: Prosess der prosjekteringsaktivitetene leder frem til MMI-verdiene (Fløisbonn et al., n.d)

#### MMI 100: Skisse

Skiseprosessen før dette nivået innebærer å skape ett eller flere løsningsforslag til prosjektet. Objekter på MMI 100 skal derfor anses som skiseforslag. Det vil si at det kan finnes flere løsninger til objektet og at endringer i designet kan skje på kort tid.

#### MMI 200: Ferdig konsept

I prosessen før denne verdien velges konsepter og løsninger. Objektene på MMI 200 anses som gjennomarbeidet når det kommer til designet av den konseptuelle løsningen. Etter dette nivået forutsettes det at det ikke blir gjort noen større endringer i konseptene som kan påvirke andre fag.

#### MMI 300: Klar for tverrfaglig kontroll

Objektene på dette nivået skal være ferdige koordinerte innenfor den enkelte disiplinen sine modeller. Relevante objekter for tverrfaglig koordinering skal være modellert, samtidig som de ikke skal være i konflikt med andre objekter innen samme disiplin. På MMI 300 skal objektene har både riktig plassering og størrelse.



**MMI 350: Utført tverrfaglig kontroll**

Når et objekt har status MMI 350, skal det være kontrollert tverrfaglig med hensyn til alle objektene i andre disipliner, med tilhørende grensesnitt. Dette vil oftest være en iterativ prosess. Det er først når koordineringen mellom de tilgrensende disiplinene er helt ferdig, at objektene oppnår denne verdien.

**MMI 400: Produksjonsgrunnlag**

MMI 400 vil si at objektene både har blitt kontrollert og godkjent for bygging. Innspill til endring eller konflikter som er oppdaget, sendes til de tilhørende prosjekterende disipliner for ny gjennomgang. Det er først når alle tilbakemeldinger er sjekket ut at objektet er klart som produksjonsgrunnlag.

**MMI 500: Som bygget**

Dette nivået avhenger av kravet som settes til *som bygget*-dokumentasjonen. Hvis godkjent opp imot kravet, oppdateres modellen etter denne statusen av de prosjekterende.

De enkelte prosjektene bør vurdere å etablere egne MMI-verdier mellom de ovennevnte nivåene ved behov.

(Fløisbonn et al., n.d).

**2.6.2 Virtual Design and Construction (VDC)**

VDC, eller virtuell prosjektering og konstruksjon på norsk, er en arbeidsmetodikk eller gjennomføringsmodell som brukes i tverrfaglige prosjekter. Hensikten med denne modellen er å skape et bedre samarbeid mellom de ulike aktørene i et prosjekt. Ved å bruke denne prosjektmodellen, skal kunden få økt verdi gjennom effektiv prosjektering, økt kvalitet og optimalisert bygging (Norconsult AS, n.d.).

Kunz and Fischer (2012) skriver at VDC-modeller er virtuelle siden de viser databaserte beskrivelser eller modeller av prosjektet, som kan være en bygning eller en veistrekning. Modellen legger vekt på de aspektene av prosjektet som kan bli designet og styrt, nemlig produktet i seg selv, organisasjonen og prosessen. VDC skal være logisk integrert slik at alle involverte i prosjektet skal ha tilgang til delt data. Det vil si at hvis en bruker endrer noe i modellen, skal de avhengige delene av modellen bli markert slik at berørte disipliner kan se endringene som er gjort. Modellen skal være tverrfaglig i den forstand at både byggherre, arkitekter, rådgivere, entreprenører og andre leverandører har tilgang til den delte informasjonen via en felles digital plattform (Kunz and Fischer, 2012). Figur 18 viser SSOE (2015) sitt syn på hvordan VDC er bygd opp. Der ser de på oppbyggingen av VDC som en parapykonstruksjon, der de samlede underdelene skaper modellen VDC.



Figur 18: VDC vist som oppbygningen av en paraply (SSOE, 2015)

Norconsult AS (n.d.) har delt opp VDC til å bestå av fire grunnsteiner. Dette er gjort på en litt annen måte enn figuren over viser, men som man ser består inndelingen fortsatt av de samme aspektene:

#### **Definerte mål:**

Denne gjennomføringsmodellen skal bygge på målene til både prosjektet og sluttbrukeren. I prosjektet blir det gjort en kontinuerlig vurdering av verdiskapningen sett opp imot kundens mål om bærekraft, drift og ikke minst brukbarhet. I tillegg skal prosjektmål som sikkerhet, fremdrift, budsjett og byggbarhet bli vurdert på samme måte. De deltagende aktørene må forplikte seg til felles mål i prosjektet, for å sikre et godt samspill i prosjektperioden.

#### **BIM:**

Dette er et sentralt og veldig viktig verktøy som brukes for at denne gjennomføringsmodellen skal fungere godt. Bruken av BIM skal stå sentralt i prosjekteringen, beslutningsprosesser og i ulike former for kommunikasjon og deling av informasjon. Det tette samspillet mellom aktørene i prosjektet skal sikre samstemthet mellom prosjektering og bygging. BIM-modellen skal være en digital tvilling av det som faktisk er bygget, slik at dette kan brukes til FDV-fasen etter prosjektslutt.

#### **ICE (Integrated Concurrent Engineering):**

ICE, eller samtidig prosjektering, er en møtemetodikk som er målbasert og denne skal bære fremdriften av prosjektet. Kort sagt handler ICE om å få samhandlingen i prosjekteringen til å bli mer effektiv.

Metodikken skal gjøre at beslutninger kan tas hurtigere, redusere venting og, med hjelp av tverrfaglige team, utarbeide gode og byggbare modeller så tidlig som mulig. ICE-møter skal være godt planlagt, møtedeltagerne skal være forberedt og det skal defineres tydelige mål for hvert møte. Disse møtene er sterkt avhengige av beslutningstakere, ofte byggherre, som er aktive og som evner å ta beslutninger på stedet.

**Project Production Management:**

Project Production Management, prosjektledelse på norsk, er prosessdelen av VDC og er en samling av ulike planleggings- og styringsteknikker for prosessene i et prosjekt. Disse er basert på prinsipper fra LEAN-metodikken. Disse teknikkene skal hjelpe til med å avdekke steder hvor fremdriften kan stoppe opp, kalt flaskehals og samtidig synliggjøre avhengigheter i prosjektet. Dette for å tilrettelegge for en kontinuerlig forbedring gjennom hele prosjektperioden. Prosjektledelsesteknikkene som brukes, danner mye av grunnlaget for planleggingen og selve gjennomføringen av ICE-møtene, samtidig hjelper de til med å ha beholde den kontinuerlige vurderingen av prosjektets mål.

(Norconsult AS, n.d.).

## 3 Metode

Dette kapitlet handler om de metodene som har blitt brukt under arbeidet med masteroppgaven og fordypningsprosjektet forrige semester. Disse er valgt for å kunne svare på problemstillingen og de ulike forskningsspørsmålene på best mulige måte. Det skal fokuseres på ulike kvalitative metoder som litteraturstudie, intervju, observasjon og casestudie. Olson (2011) skriver at i kvalitative metoder ligger hovedfokuset på å få en helhetsforståelse av temaet, og det er noe av grunnen til at det velges å bruke kvalitative studier i denne rapporten. Han sier også at det i kvalitative metoder fokuseres på få studieobjekter, der man ønsker å innhente varierte og mange opplysninger. Denne måten å jobbe på kan gi lavere reliabilitet, som handler om etterprøvbarehet, mens relevansen, ofte er veldig høy for kvalitative metoder (Olsson, 2011). Masteroppgaven inneholder kombinasjonen av casestudie, litteraturstudie, intervju og observasjon. Når ulike metoder benyttes sammen kalles dette metodetrianglering.

Trianglering brukes for å kompensere svakheter i de brukte metodene. Man kan dermed avdekke skjevheter, ufullstendigheter eller direkte feil ved å kombinere ulike metoder eller ulike data fra forskjellige kilder (Olsson, 2011, s. 43).

Med riktig bruk av disse metodene vil det øke kvaliteten på oppgaven. I underkapitlene diskuteres det hvorfor metoden er valgt og dens styrker og svakheter før det avsluttes med metodenes reliabilitet og validitet.

### 3.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie er i all hovedsak systematisk søking etter relevant informasjon som kan hjelpe til å belyse egen oppgave. I denne rapporten har "scoping literature review" blitt benyttet. Metoden innebærer en vurdering av tilgjengelig litteratur om eget tema og vurdere mengde og kvalitet på disse. Når det brukes litteraturstudie i slike oppgaver er det flere faktorer som er viktige å tenke på for å skrive en god oppgave. Det finnes mange gode digitale hjelpemidler, presentert som underkapitler her. Søkemotorene på nett som er blitt brukt, fungerer veldig godt og det er lett å sortere søkerne sine. En litteraturstudie handler om å finne relevant litteratur som har god pålitelighet. Veileder har bidratt med litteratur i form av konferanseartikler fra World Tunnel Congress, som inneholder flere gode artikler til inspirasjon, men ingen av disse har blitt brukt direkte i denne rapporten.

Med å bruke litteraturstudie som metode opparbeides det et godt grunnlag for å få god kunnskap om temaet, både for forfatter og for lesere av oppgaven. Taylor (2013) skriver at en litteraturstudie oppsummerer og gir kritikk til tidligere skrevet relevant litteratur, samtidig som den identifiserer kunnskapsgapet i litteraturen. Metoden brukes også for å gi leseren et overblikk over annen litteratur omhandlende emnet. I påfølgende underkapitler beskrives de ulike søkemotorene, begrensninger og kildekritikk som er blitt brukt i denne oppgaven.

#### 3.1.1 Google Scholar

Dette er en søkemotor fra google som er spesialtilpasset for å finne litteratur som er vitenskapelig eller akademisk. Den er enkel å bruke og gir gode muligheter for å tilpasse søkerne sine.

Samtidig er den koblet opp imot NTNU sitt brukersystem som gjør at man får tilgang til veldig mye litteratur. Denne søkemotoren er blitt brukt mest til å finne vitenskapelige artikler. Det har blitt brukt søkeord som *digitalisering i bygg og anlegg*, *BIM bygg og anlegg*, *skråstreksplaner og lineær planlegging*. Da det ikke var mange gode artikler på norsk, for det meste bachelor- og masteroppgaver, ble det benyttet engelske søkeord som *BIM in construction*, *Digitalization in building and construction* og *linear scheduling*. Det ble da sett på de mest relevante artiklene som var sett mest, kom fra gode journaler, hadde relevante titler og sammendrag og var utgitt i de senere årene.

### 3.1.2 Scopus

Scopus er en plattform for å finne sammendrag og annen nyttig informasjon om de ulike vitenskapelige tidsskriftsartiklene. Dette har vært et veldig nyttig verktøy for å finne informasjon om journalen og forlaget som har publisert den med blant annet Impact Factor (IF). IF sier noe om hvor mye journalen har blitt sitert, eller hvor stor virkning en journal har. Scopus har også gode funksjoner som gir søkeren muligheter til å finne annen relevant litteratur, den viser hvor mange siteringer artikkelen har og den finner nyere artikler som har sitert den referansen som allerede er funnet, kalt «forward snowballing» som beskrives i 3.1.4 «Snowballing».

### 3.1.3 Bibsys Oria

Denne søketjenesten er en felles portal for universitetsbibliotek på internett og man har tilgang til denne via NTNU sin bruker. I denne portalen finner man alt fra bøker, artikler til bachelor- og masteroppgaver. Noen ganger finnes litteraturen på nett, andre ganger blir det henvist til hvilket bibliotek som har litteraturen tilgjengelig. Også denne søkeplattformen er enkel å bruke og gir muligheter for å tilpasse søkene på en god måte.

### 3.1.4 «Snowballing»

Dette begrepet handler om å bruke allerede funnet litteratur, til å finne nye referanser. Det kan gjøres på to måter. «Backwards Snowballing» handler om å bruke artikkelens egne referanser for å enten sjekke om informasjonen stemmer, eller bruke den som referanse i egen oppgave. Det man skal passe på her, er at man kun finner eldre litteratur ved å bruke denne metoden. «Forward Snowballing» handler som beskrevet over om å se på litteratur som har brukt artikkelen som referanse selv. Dette gjør at man kan finne nyere og mer oppdaterte artikler om samme tema.

### 3.1.5 Litteratur fra Trimble

Etter å ha møtt en kontaktperson for TILOS (Time and Location System) i Trimble, ble det oversendt ulik litteratur fra dem. Dette innebærer ulike artikler, brosjyrer, foredrag, veiledere og illustrasjoner. Disse har blitt brukt til å gi informasjon om leverandøren Trimble og deres digitale løsning for fremdriftsplanlegging med skråstreksplaner, TILOS.

### 3.1.6 Litteraturstudiens begrensninger

Det finnes flere grunner til at et slik litteratursøk har begrensninger, som gjør at man ikke nødvendigvis finner de beste kildene.

Tiden som har blitt brukt på søket har noe å si, samtidig som man begrenser seg til referanser som kun er skrevet på de skandinaviske språkene og engelsk. En annen faktor er at litteratursøket begrenses av det lille utvalget av søkeord som brukes og annen relevant litteratur som ikke dekkes av disse søkeordene kan utelates.

Det finnes også mye litteratur som ikke ligger i databasene som er benyttet og blir dermed utelatt fra litteratursøk som er gjort på denne måten. En begrensning rettet mot kildekritikken i denne rapporten er at den fort kan bli subjektiv og siden forfatteren ikke har så mye erfaring med å jobbe på denne måten, kan det bli unøyaktighet i kildekritikken. Samtidig vil det være vanskelig å kvantifisere kildene og vurdere dem opp mot hverandre på en god måte. Under skrivingen av "rapport for litteratursøk", rettet mot fordypningsoppgaven, ble et rangeringssystem brukt, men dette gjør ikke at kildene nødvendigvis rangeres på best mulig måte eller at det utelukker muligheten for å være subjektiv.

### 3.1.7 Kildekritikk

Kildekritikk handler om å lese ulike kilder med et kritisk syn. Man skal vurdere innholdet, forfattere, journal og forlag som har gitt ut litteraturen og slik kvalitetssikre referansene som brukes i egen oppgave. I denne oppgaven er det prinsippet TONE som har blitt brukt som metode for å vurdere referansene som er funnet. TONE inneholder fire viktige kriterier som brukes i kildekritikk (Thalberg, 2018):

**Troverdighet:** Kan man stole på informasjonen i artikkelen?

**Objektivitet:** Er informasjonen nøytral?

**Nøyaktighet:** Er informasjonen presis og oppdatert?

**Egnethet:** Passer informasjonen inn mot eget tema?

Når det kommer til kildekritikk mot litteratur fra Trimble, en aktør som vil selge sitt produkt, bør man være ekstra kritisk. De ønsker å fremheve sitt produkt på best mulige måte, altså objektiviteten kan være lav. Trimble er en stor og seriøs leverandør, så man må i prinsippet kunne stole på informasjonen oppgitt, men dette kan også bli påvirket av subjektiv tankegang, så man må være litt kritisk til troverdigheten også. Når det kommer til nøyaktighet og egnethet vil disse få veldig god karakter da informasjonen er oppdatert og den egner seg meget godt for temaet i denne oppgaven.

Tidligere i prosjektperioden ble det skrevet en rapport for litteratursøk, der 16 referanser ble vurdert etter TONE prinsippet. Ikke alle disse kildene har blitt brukt i denne oppgaven, da problemstillingen endret retning etter at rapport litteratursøk var ferdig. Etter denne rapporten ble levert er det funnet flere nye referanser som er blitt brukt i denne oppgaven. Disse har også blitt vurdert etter TONE prinsippet. Generelt for disse nye kildene vil være at de alle har høy egnethet, da litteratursøket endret fokus mot den mer spesialiserte problemstillingen om digital fremdriftsplanlegging og skråstreksplanlegging.

Det refereres en del til Halleraker sin masteroppgave i teorikapittelet. Dette er grunnet at det i den oppgaven ble utarbeidet et kompendium til bruk i faget *Produksjonsteknikk i bygge- og anleggsprosjekt* som nevnt under innledningen. Det refereres i den oppgaven til gode kilder og det vurderes derfor til at informasjonen som oppgis der er av troverdig karakter.

## 3.2 Intervju

Intervju er en samtale mellom intervjuer og en eller flere intervjupersoner. Samtalen foregår gjerne ved at intervjueren forsøker å tilegne seg ny informasjon eller kunnskap om et tema, ved å stille spørsmål til intervjupersonen og få svar på disse. Det er to typer intervju som har blitt benyttet i denne masteroppgaven. Nærmere beskrevet i underkapitlene 3.2.1 Kvalitativt forskningsintervju og 3.2.2 Ustrukturert intervju. Resultatene fra de ulike intervjuene blir presentert i resultatkapittel 4.2 Intervju, og intervjuguidene som har blitt benyttet vises i sin helhet i vedlegg 1-6. Disse er basert på forskningsspørsmålene i oppgaven, men samtidig er hver enkelt intervjuguide blitt utarbeidet ut ifra de ulike caseprosjektene og hvilken aktør som ble intervjuet. I denne rapporten er det intervjuet nøkkelpersonell fra både byggherre, rådgivere, entreprenør og akademia.

### 3.2.1 Kvalitativt forskningsintervju

I det kvalitative forskningsintervju er formålet å lære om intervjupersonens egen beskrivelse av situasjonen han eller hun befinner seg i (Dalland, 2017). Dette gjøres for å få andre sitt syn på egen problemstilling og for å få en bredere forståelse av temaet. Dalland (2017) skriver også at intervjueren må forstå situasjonen raskest mulig, stille spørsmålene på en måte slik at misforståelser unngås og samtidig ta vare på informasjonen på en god måte. I masteroppgaven har det blitt intervjuet nøkkelpersoner med god kunnskap om bruken av skråstreksplaner i anleggsbransjen og/eller erfaring med digitale hjelpemidler for å lage fremdriftsplaner. Etter de kvalitative forskningsintervjuene er samtalen blitt transkribert ned til et helhetlig dokument.

### 3.2.2 Ustrukturert intervju

Denne formen for intervju er mindre planlagt og formelt enn det kvalitative forskningsintervjuet. Her må intervjueren ikke nødvendigvis ha forberedt noen spesielle spørsmål eller at man benytter seg av en intervjuguide, men man ønsker fortsatt å få svar på noe om det aktuelle temaet. Dette intervjuet kan gjerne foregå over mail eller bare være en uformell samtale. I denne rapporten er metoden brukt da den ble brukt i tilhørende prosjektoppgave, samtidig som den ble brukt i et senere tidspunkt under arbeidet med masteroppgaven, for å spare tid i sluttfasen av rapportskrivningen. Det er her benyttet en intervjuguide med informasjon om oppgaven og anonymitet, samt ulike spørsmål som det ønskes svar på. Intervjuguiden er i denne delmetoden benyttet i mindre grad, da den er brukt mer som et huskeark med de ulike spørsmålene. Det er en god metode for å finne ut mer om egen problemstilling og få inn resultater til rapporten, når man har begrenset med tid. Det er fortsatt personer med erfaring eller kunnskap om temaet som er blitt intervjuet. Etter de ustrukturerte intervjuene er samtalene blitt skrevet ned til referat, der hovedpoengene og essensen i samtalen blir skrevet ned.

### 3.2.3 Styrker

Hovedårsaken til at denne metoden har blitt brukt i oppgaven, er nettopp det å få fagpersoners syn på problemstillingen og forskningsspørsmålene. Det å intervju personer som jobber i prosjekt med digital fremdriftsplanlegging, kan gi veldig god innsikt i hvordan metoder og ulike verktøy påvirker hverdagen.

Siden det var vanskelig å få kvantitative data for å belyse problemstillingen, var intervju en god måte for å framskaffe kunnskap og erfaringer på. På grunn av at forfatteren har kontaktpersoner i Norconsult fra sommerjobben, var dette en fordel med tanke på at intervjupersoner ble funnet via den bedriften. Det har gjort at prosessen med å finne gode intervjupersoner og oppdrive kontaktinformasjon til disse, har gått forholdsvis enkelt og effektivt for seg. Forfatteren av denne rapporten har gjennomført intervjuer tidligere og har dermed god erfaring med å gjennomføre denne metoden på en god måte.

#### **3.2.4 Svakheter**

En negativ side med metoden intervju er at det er vanskelig å etterprøve, med tanke på at dette er en samtale, og mye avhenger av hvordan intervjuer og intervjuperson fungerer i dette scenarioet. Det kreves altså mye av intervjuer både før, under og etter intervjuet og det må planlegges godt med hjelp av en intervjuguide. En annen negativ side er at det er kun de få intervjupersonenes meninger og erfaringer som framkommer i rapporten. Intervjuer over Skype-møter gjør at intervjueren ikke får med seg den settingen intervjupersonen er i under intervjuet eller får gjort en tolkning av kroppsspråk, slik som man gjør over et intervju der begge personene er på samme sted.

### **3.3 Observasjon**

Med den kvalitative metoden observasjon ønsker forskeren å skape et helhetlig bilde av det som forskes på. "Observasjon kan fortelle oss hva folk gjør, i handling og samhandling, noe som kan være forskjellig fra hva folk sier de gjør" (Dalland, 2017, s. 97). Han skriver også at observasjon kan gi kunnskap som det ellers kan være vanskelig å tolke.

Deltakende observasjon kan også benyttes som forskningsmetode, der observatøren deltar mer aktivt i arbeidssituasjonen, noe som på en måte allerede er gjort i løpet av sommerjobben. Dette er noe Dalland (2017) beskriver som ustrukturert observasjon, der man fatter interessen for noe, uten at man tenker særlig over det. Deltakende observasjon ble benyttet i liten grad på caseprosjektene E18 og E39. Her ble det ikke utarbeidet noe konkret observasjonsnotat, da hovedfokuset under denne observasjonen foregikk under intervjuene. Under feltobservasjonen på begge anleggene ble det tatt en runde for å se på veistrekningen og arbeidene som foregikk, men det som ble observert der har ingen direkte tilknytning til denne oppgaven og uteblir derfor i denne rapporten.

Metoden strukturert observasjon ble benyttet da studenten var deltager i "Brukergruppemøte #2 for integrasjon mellom TILOS og Novapoint", etter invitasjon fra kontaktperson i Trimble. I løpet av møtet ble det tatt notater som er presentert i kapittel 4.3.1 Strukturert observasjon. Observasjonsnotatet for dette kan sees i sin helhet i Vedlegg 7.

#### **3.3.1 Styrker**

En god styrke med denne metoden er måten den kombineres med intervju på. Disse to metodene fungerer godt sammen, for eksempel at intervjuet kan fylle ut bildet som en observasjon har gitt. Motsatt kan en observasjon brukes i forkant av et intervju, for å gi intervjuer innspill til spørsmål og situasjoner man vil se nærmere på i et intervju.



Dette kalles metodetriangulering, som er et faguttrykk for at man bruker mer enn bare en metode (Dalland, 2017). Riktig bruk av metodetriangulering kan styrke oppgavens reliabilitet med å avdekke feilkilder i andre metoder og øke forståelsen av problemstillingen. En annen styrke med denne metoden er at forfatteren har god forståelse og kunnskap av hvordan arbeidsplasser fungerer etter tidligere erfaringer fra sommerjobber. Besøkene på E18 og E39 ga et godt inntrykk av prosjektene og gjorde at det var lettere å oppfatte intervjupersonenes hverdag og faktiske tanker om temaet. Samtidig hang skråstreksplanen på møterommene der intervjuene fant sted, slik at det var lett for intervjupersonene å vise eksempler og diskutere aspekter i planen direkte.

### 3.3.2 Svakheter

Det siste aspektet nevnt har også negative sider, som at observasjonen kan bli subjektiv. Olson (2011) skriver at det kommer en del utfordringer med slike deltakende observasjoner, for eksempel det å skille mellom rollen forsker og medarbeider. Det kan da bli vanskelig å se alternative løsninger, da man selv ser de løsningene som brukes som best og man har gjerne forutinntatte meninger. Ellers vil det også være svakheter her med tanke på antallet observasjoner man rekker å gjøre og at det eventuelt blir kun situasjoner fra en type aktør man får observert. I observasjonen på E18 og E39 var det tenkt at det skulle observeres i et eller flere møter om fremdriften, der det skulle fokuseres på hvordan skråstreksplanen ble brukt og hvordan det fungerte i den sammenhengen. Dette viste seg i praksis å være vanskelig da prosjektbesøkene var kortvarige og at det ikke var noen relevante møter å delta i på det tidspunktet. Hadde dette blitt gjennomført, ville metodetrianguleringen som var tenkt, blitt styrket i ytterligere grad i denne oppgaven.

## 3.4 Casestudie

En casestudie handler om å undersøke et eller flere studieobjekter som baseres på noen utvalgte datakilder (Olsson, 2011). Han skriver videre at disse studiene skal gi forståelse og innsikt i et tema, samtidig som de ikke skal være generaliserbare, da de er avhengige av sted og tid. Et studieobjekt i denne forstand kan være et spesifikt prosjekt eller en arbeidsprosess. Denne metoden innebærer ofte en kombinasjon av de andre kvalitative metodene som er nevnt, både litteraturstudie, intervju og observasjon.

### 3.4.1 Styrker

En styrke med denne metoden er også hvordan man kan metodetriangulere med andre metoder, forklart tidligere. Ellers gjør metoden at man får god kjennskap til en eller et lite utvalg caser og disse kan sammenliknes til en viss grad. Gjennom en casestudie oppnår man en god helhetsforståelse av casen, som gjør at man kan dra god lærdom til eget tema. En stor styrke for bruken av metoden i denne oppgaven, er at casestudiene er av veldig lik art. To av caseprosjektene som beskrives senere i henholdsvis 4.1.1 E18 Tvedestrand – Arendal og 4.1.2 E39 Kristiansand vest – Mandal øst, er begge totalentrepriser. Nye Veier AS er byggherre, AF Gruppen er totalentreprenør og Norconsult som rådgivere. Samtidig er de like i geografisk plassering, ferdigstilling er med kun tre års forskjell og begge prosjektene benytter seg av skråstreksplaner, men utarbeidet i forskjellige digitale verktøy.

En annen styrke med akkurat disse caseprosjektene er at det var forholdsvis enkelt å få til feltobservasjoner her rett etter hverandre med tanke på transport til og fra prosjektene. Samtidig ga det et bedre bilde av prosjektene ved å besøke anleggene, se planene som var blitt utarbeidet og møte personene som arbeidet med disse og brukte de på daglig basis.

### **3.4.2 Svakheter**

Siden casestudier er avhengige av sted og tid, vil det vanligvis være en utfordring å sammenlikne ulike prosjekt, men som nevnt ovenfor har man i denne oppgaven funnet to veldig like prosjekt, slik at det kan bli lettere å trekke fram noe konkret og generaliserbart til oppgaven. Ulempen med dette er at man ikke får sett på bruken av skråstreksplaner i ulike prosjekt med andre aktører, så man skal ikke generalisere for mye ut ifra funn her allikevel. Subjektivitet kan fort også bli en svakhet med slike studier, da forskerens egne oppfatninger vil kunne speile hvordan casestudiene oppfattes og reflekteres over.

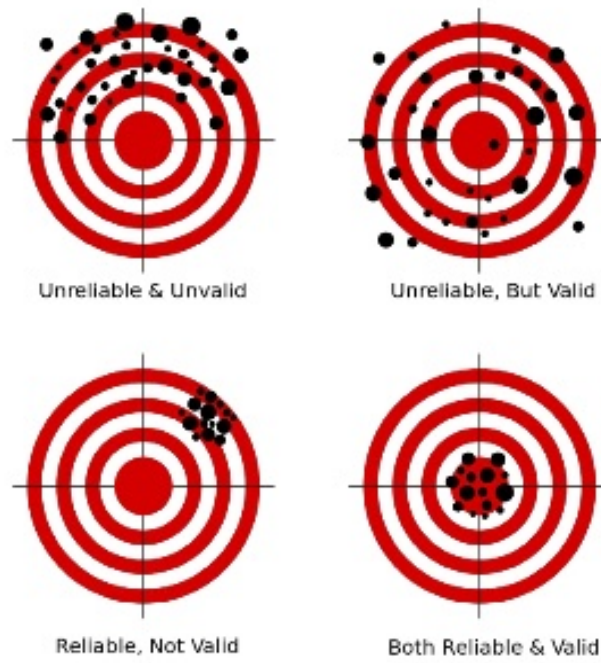
## **3.5 Metodenes validitet og reliabilitet**

Disse to begrepene handler om det kravet som stilles til innsamlet data i forskning og det er viktig å vurdere begge aspektene i egen oppgave som kvalitetssikring. Dalland (2017) skriver at validitet, eller gyldighet, beskriver hvor godt vi har besvart spørsmålet som det ønskes svar på. Det handler med andre ord om relevansen i metoden og om man svarer på problemstillingen som er blitt stilt. I Figur 19 vises det til god validitet dersom tyngdepunktet til markeringene på blinken er sentrert mot midten.

Opgavens validitet har blitt vurdert til god. Dette begrunnes med at intervjupersonen har god kjennskap til temaet for oppgaven, observasjonen var relevant og det meste av litteratursøket har vært rettet mot valgt problemstilling. Det kan vurderes til noe lavere validitet for litteratursøket tidlig i prosjektet, da det ble søkt etter litteratur som var rettet mot et bredere aspekt innen digitalisering tidlig i prosjektperioden.

Reliabilitet handler om å måle på riktig måte. Et annet ord for dette er pålitelighet og det handler i stor grad om at de ulike dataene kan etterprøves (Dalland, 2017). Man kan si at en metode er reliabel hvis man gjennomfører en måling flere ganger og får det samme resultatet. Dette er vist i Figur 19 med en tett samling på blinken, altså god reliabilitet. Et viktig prinsipp når det kommer til reliabilitet er at målingene skal skje under like forhold. I et intervju er det viktig å være kritisk til kommunikasjonsprosessen og eventuelle feilkilder her. Aspekter som at spørsmålet ble stilt riktig av intervjueren og at det ble oppfattet korrekt av intervjupersonen må vurderes.

Når det kommer til denne oppgavens reliabilitet, har den blitt vurdert til god. For å begrunne dette kan man se på metodene som er brukt. Ville man funnet den samme litteraturen om temaet hvis man gjorde søket på nytt? Trolig ville man det, da søkeordene som er brukt er godt rettet mot problemstillingen og det er brukt god kildekritikk gjennom hele litteratursøket. Når det kommer til observasjonen og intervjuene har disse god reliabilitet, man ser på samlingen av intervjupersoner, som dekker flere deler av bransjen og ikke bare er en person sin mening. Allikevel kunne man fått andre resultater hvis man hadde intervjuet personer fra andre firmaer eller prosjekt, noe som gir lavere reliabilitet igjen.



Figur 19: Sammenhengen mellom reliabilitet og validitet (ReadingCraze.com, 2015)

## 4 Resultater

I dette kapittelet følger hovedfunnene fra resultatene som har framkommet med hjelp av ulike metodebruk i løpet av prosjektperioden. Dette med unntak av metoden litteraturstudie som resulterte i teorikapittelet. Først presenteres de ulike caseprosjektene som har blitt brukt i oppgaven, deretter følger resultatene fra intervjuene som har blitt gjennomført. Til slutt presenteres resultatene fra observasjonene.

### 4.1 Casestudier

I dette delkapittelet presenteres først de to prosjektene som er brukt som hovedcaser i oppgaven, E18 Tvedestrand – Arendal og E39 Kristiansand vest – Mandal øst. Dette er to veldig like prosjekt, både med tanke på geografisk plassering på Sørlandet, kontraktstyper, samarbeidspartnere og kontraktssum. Samtidig som de foregår tett opptil hverandre tidsmessig, med tanke på byggeperioden. Deretter følger en beskrivelse av et tredje prosjekt som brukes til en viss grad i oppgaven, FRE16.

#### 4.1.1 E18 Tvedestrand – Arendal

Tabell 3: Nøkkelinformasjon E18

Byggestart: Januar, 2017	Ferdigstillelse: Oktober, 2019.	Entreprenør: AF Gruppen
Byggherre: Nye Veier AS	Entrepriseform: Totalentreprise	Kontraktsum: 3,2 milliarder NOK



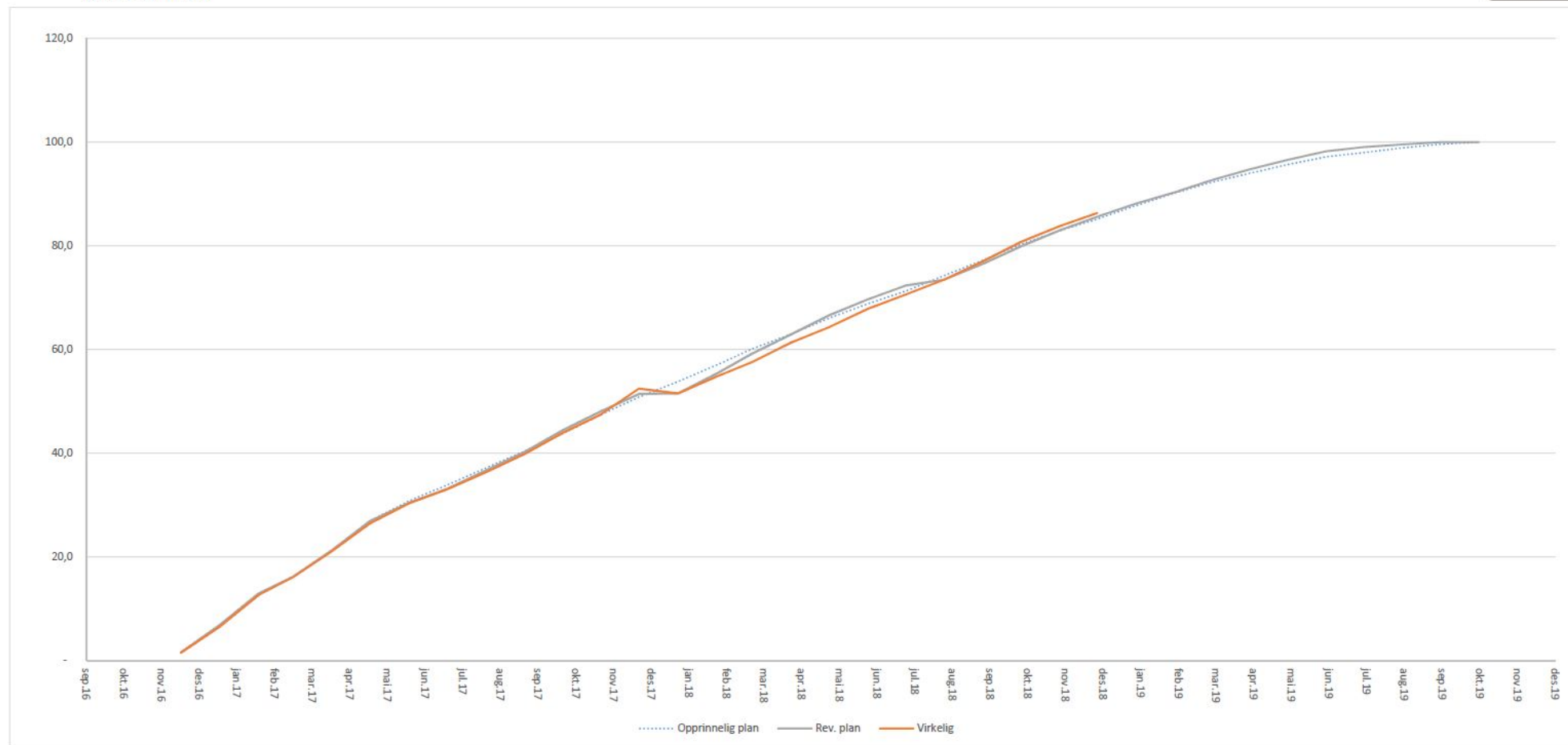
Figur 20: Oversiktsbilde E18 (Nye Veier AS, n.d.a)

Denne totalentreprisen bestod av både prosjektering og bygging av 23 km ny motorvei mellom Tvedestrand og Arendal. Dette var den første kontrakten det statlig eide aksjeselskapet Nye Veier AS inngikk, samtidig som det var et av Norges største veiprojekter gjennom tidene. Det skulle drives 4 doble tunnelløp, 30 ulike konstruksjoner og omtrent ti millioner kubikkmeter med masse ble flyttes. AF Gruppen hadde engasjert Norconsult AS som rådgiver i oppdraget og Kruse Smith som underentreprenør for bygging av bruer. Ferdigstilling av veistrekningen skulle kun ta to og et halvt år. Noe som gjorde at det her ble satt rekord i Norge med tanke på å bygge så mye vei på kort tid. For å få til dette ble det benyttet parallell prosjektering og bygging, noe som er utfordrende, ifølge en prosjektleder i AF Gruppen (AF Gruppen, n.d.a).

S-kurve

Totalt

Status pr. 31/12-2018



	des.16	jan.17	feb.17	mar.17	apr.17	mai.17	jun.17	jul.17	aug.17	sep.17	okt.17	nov.17	des.17	jan.18	feb.18	mar.18	apr.18	mai.18	jun.18	jul.18	aug.18	sep.18	okt.18	nov.18	des.18	jan.19	feb.19	mar.19	apr.19	mai.19	jun.19	jul.19	aug.19	sep.19	okt.19
Opprinnelig plan	1,6	6,9	13,0	16,3	21,4	27,0	30,8	33,8	37,1	40,4	43,8	47,5	50,8	53,8	57,0	60,1	63,0	66,0	68,8	71,2	74,2	77,2	80,2	82,9	85,2	87,8	90,2	92,2	94,0	95,7	97,2	98,0	98,9	99,6	100,0
Rev. plan	1,6	6,9	13,0	16,3	21,4	27,0	30,5	33,1	36,7	40,3	44,4	48,1	51,4	51,5	55,4	59,2	62,9	66,6	69,7	72,3	73,5	76,5	79,9	83,0	85,6	88,1	90,4	92,6	94,7	96,6	98,2	99,0	99,5	100,0	100,0
Virkelig	1,5	6,5	12,7	16,2	21,2	26,5	30,4	33,0	36,3	39,9	43,9	47,5	52,4	51,5	54,8	57,6	61,3	64,3	67,8	70,6	73,5	77,1	80,7	83,8	86,3										

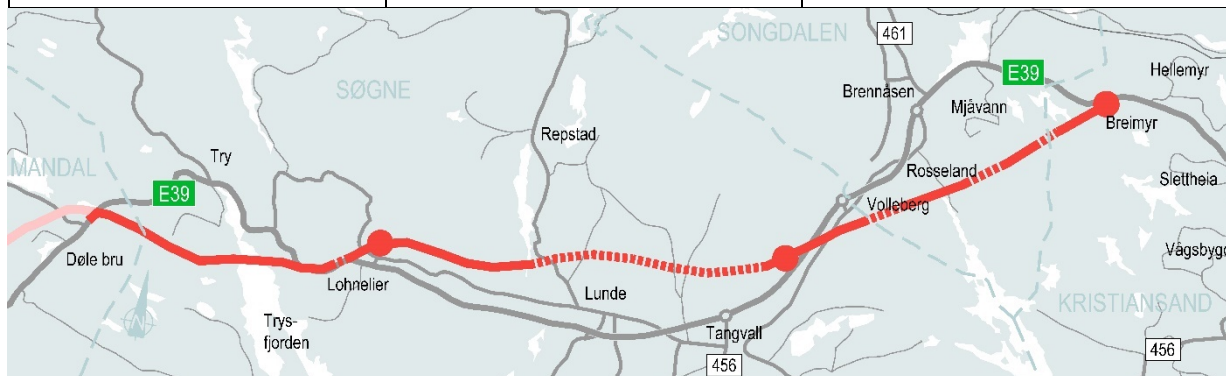
Figur 21: S-kurve for E18 prosjektet

Figur 21 over viser S-kurven fram til jul 2018, for dette prosjektet. Den viser at prosjektet har fulgt planen i veldig stor grad gjennom hele prosjektperioden. Aksene i denne figuren representerer den kumulative progresjonen i prosjektet, vist som prosent fullført arbeid langs y-aksen, samtidig som x-aksen representerer prosjektperioden. Akkurat som det ble forklart i underkapittel 2.3.3 S-kurver for prosjektoppfølgning. I denne planen representerer den oransje linja virkelig fremdrift, den blå stiplede linja viser opprinnelig plan og den grå linja representerer den reviderte planen. Denne totalplanen er oppdatert 31.12.2018 og i det tidsrommet ligger totalentreprenøren omtrent 0,7 prosent foran den reviderte planen og 1,1 prosent foran den opprinnelige planen. Dette kan sees på i tabellen under figuren og regnes ut ifra den.

#### 4.1.2 E39 Kristiansand vest – Mandal øst

Tabell 4: Nøkkelinformasjon E39

Byggestart: Oktober, 2018	Ferdigstillelse: November, 2022	Entreprenør: AF Gruppen
Byggherre: Nye Veier AS	Entrepriseform: Totalentreprise	Kontraktsum: 4,7 milliarder NOK



Figur 22: Oversiktsbilde E39 (Nye Veier AS, n.d.b)

Dette prosjektet består også av en ny firefelts motorvei med 110km/t som fartsgrense. Vestrekningen er på 19 km, inneholder 47 ulike konstruksjoner inkludert åtte doble bruer og fem tunneler med doble løp der Søgnetunnelen på omtrent fire km blir Sørlandets lengste tunnel. Totalentreprenøren, AF Gruppen, har også i dette prosjektet med seg Norconsult AS som rådgiver. Dette var den største totalentreprisen innen veibygging i Norge på tidspunktet for signering av kontrakten. Gigantprosjektet skal gjennomføres med en byggetid på tre år og strekningen er en av Nye Veier AS sine mest prioriterte strekninger (AF Gruppen, n.d.b).

## 4.1.3 FRE16

Tabell 5: Nøkkelinformasjon FRE16

Byggestart: 2021/22	Ferdigstillelse: 2028	Entreprenør: Ikke bestemt
Byggherre: SVV og Bane NOR	Entrepriseform: Ulike entrepriser	Kostnad: Ca. 30 milliarder NOK



Figur 23: Oversiktsbilde FRE16 (Svingheim, 2016)

FRE16 er et av Norges største fellesprosjekter for jernbane og veg i Norge, med et samarbeid mellom Statens Vegvesen og Bane NOR. Prosjektet er en del av InterCity-satsingen på Østlandet og skal samtidig korte ned reisetiden med tog fra Oslo – Bergen med nærmere en time. Prosjektet består av 40 km med dobbeltsporet jernbane mellom Sandvika og Hønefoss, der omtrent 26 km av disse er i tunnel. Jernbanen er dimensjonert for 250km/t. Det består også av 24 km med firefelts Europaveg mellom Skaret og Hønefoss med fartsgrense 110km/t og flere lange bruer og tunneler (Botnen, 2016).

Dette prosjektet vil bli delt opp i ulike delkontrakter, da det ble ansett for å være for stort til å være en kontrakt. Bane NOR og SVV signerte kontrakt for rådgivningsoppdrag på jernbane- og veiprojektet med Norconsult AS, Asplan Viak AS og Aas-Jakobsen. Disse selskapene har dannet et eget aksjeselskap som står for både planlegging og prosjektering. De har sammen utarbeidet grunnlag for reguleringsplan, konsekvensutredning og teknisk detaljplan. (Norconsult AS, 2016). Dette caseprosjektet skiller seg fra de to andre på flere måter, men særlig siden dette var i tidligfase da rapporten ble skrevet og at dette var en delt entreprisform.

## 4.2 Intervju

I dette delkapittelet vises resultatene som hentet fra de ulike typene intervjuer som har blitt gjennomført i løpet av forprosjektet og masteroppgaven. Dette har blitt strukturert temabasert, slik at resultatene som har fremkommet fra de ulike intervjuene beskrives i underkapitler med egne temaer. Disse underkapitlene har blitt basert på intervju spørsmålene og oppgavens forskningsspørsmål.

### 4.2.1 Forutsetninger for å utarbeide en god fremdriftsplan

I dette underkapittelet blir det vist til de svarene som ble gitt av intervju personene, etter spørsmål om hvilke forutsetninger som ligger til grunn for å skape en god fremdriftsplan. Det er videre delt inn ut ifra forutsetningene som går på kompetanse, planrevisjoner og gode estimater.

#### Kompetanse

Som den første forutsetningen nevnes kompetansebiten. Her mente blant annet intervju personene fra både NTNU og Nye Veier at det er veldig viktig å ha de riktige menneskene inne i prosjektene. De riktige menneskene handler om en kombinasjon av personer med erfaring og kunnskap, mente rådgiveren fra Nye Veier på E18:

*Her er det viktig å ha de erfarne anleggslederne inn på banen, altså de som har vært ute i felt og gjort dette her tidligere. Samtidig er det viktig med ny og fersk kunnskap, så man må ha med yngre krefter inn i prosjekt, som kan drive nytenking. Den kombinasjonen der, den er veldig viktig (Rådgiver Nye Veier, E18).*

Det ble nevnt av professoren ved NTNU at entreprenørene sitter på mye erfaring her og de er gode på å lage realistiske planer. Videre ble det snakket om kompetanseoverføring mellom prosjekter er en utrolig viktig del av dette, men som i noen tilfeller dessverre ikke blir fokusert like mye på i dagens bransje. Professoren mente at det bør utarbeides gode systemer for dette. Funksjonærene på E18 snakket også om dette og at opplæring av de som skal bruke planen er viktig. Her var det et viktig punkt om at det er ikke planen i seg selv som er viktig, men budskapet den skal formidle. De mente at personell som utarbeider planene må ha en god forståelse for hvilken målgruppe som skal bruke planene. Ulike brukergrupper vil ha ulik kompetanse på dette og planene må derfor justeres deretter. Samtidig mente de at det ikke finnes en universell løsning når det kommer til fremdriftsplanlegging og metoder for dette.



Her bør planleggere og brukere av planen kjenne til og bruke forskjellige metodikker og verktøy på ulike typer prosjekt og for ulike faser eller nivåer i prosjekt. I noen tilfeller vil en type metode være mer gunstig enn en annen og dette varierer. Funksjonærene som ble intervjuet på E39 understreket viktigheten av at brukerne holder seg til planen og at de har en forståelse for hvordan arbeidsoppgavene er avhengige av hverandre. Starter man arbeider før de er planlagt kan dette gi negative utslag senere. For eksempel at det bygges feil som må rettes opp i senere, hvis rådgiverne ikke har rekt å lage ferdig modellen til riktig MMI nivå før bygging. Rådgiveren i Nye Veier på E18 snakket også om forutsetningene rundt grensesnitthåndtering og at det er lett for personell å kun tenke på sin oppgave som den viktigste. Her mente intervjupersonen at det er viktig at arbeiderne evner å se grensesnittet til neste aktivitet og ta høyde for avhengighetene på tvers av disiplinene.

### **Planrevisjoner**

Flere av intervjupersonene har nevnt dette punktet som en forutsetning, altså at man må være forberedt på at en tidligere lagt plan for et prosjekt, må revideres underveis. Med begrepet planrevisjon her menes både en revidering av hovedplanen, som forklart til Figur 21 tidligere, men også revideringer av mindre arbeider som ikke nødvendigvis påvirker hovedplanen. Funksjonærene på E39 fortalte at det er essensielt å ta hensyn til de kritiske aktivitetene tidlig i planleggingen. Dette ble begrunnet med at det er disse aktivitetene som legger rammene for anleggsgjennomføringen og planleggingen av denne. Samtidig må man alltid ha HMS aspektet i bakhodet når man lager en plan fortalte de. Hvis det oppstår hendelser omhandlende HMS på anlegget vil dette kunne koste tid og penger, noe som igjen vil påvirke planen. Videre fortalte de at man som regel må lage en revisjon av planen i så store prosjekt som dette, uansett hvor bra plan man har lagd på forhånd, fordi avvik og endringer vil nesten alltid oppstå.

Med tanke på samme tema fortalte professoren ved NTNU om viktigheten av å ha gode systemer og verktøy for å lage gode planrevisjoner underveis på en effektiv måte. Her mente intervjupersonen at det er viktig med gode kontrakter. Både når det kommer til endringsarbeid i prosjekter og hvordan planen skal følges på et generelt nivå. Kommer det endringer som påvirker prosjektplanen underveis fra byggherre, bør det være gitt i kontrakten hvordan dette skal håndteres. Intervjupersonen fra Nye Veier i E18 prosjektet nevnte også dette med at endringer i prosjektplanen vil komme og man må derfor være kreative i denne prosessen.

*En plan er aldri endelig. Man må aldri oppfatte det som at så fort man har lagt en plan, så må den må man holde på til prosjektet går i grava. Planen det er første utkast på et veikart for hvordan ting kan gjøres, også vil det skje ting underveis og da må man evne å korrigere (Rådgiver Nye Veier, E18).*

Funksjonærene på E18 fortalte at det er viktig å tenke på ytre begrensninger som kan påvirke planen. De nevnte blant annet søknader som skal godkjennes av eksterne organisasjoner, ulike miljøtiltak som må iverksettes og forhold som værforandringer. Sistnevnte handlet særlig om vinterstid og hvordan denne årstiden kan utsette utførelsen av planlagte aktiviteter.

Noen av disse begrensningene kan kontrolleres enklere enn andre, som å ta hensyn til søknadstid og være klar over hvilke ytre miljøtiltak som kreves. Været er det vanskeligere å kontrollere, men man kan ta mest mulig hensyn til årstidene når man legger planene. Som et eksempel på hvordan dette kan utspille seg i et prosjekt blir det brukt et eksempel gitt av intervjupersonen fra byggherren på E18 prosjektet.

*På de to største tunnelene i prosjektet ble det funnet svelleleire og det medførte økt sikringsbehov. Det ble da benyttet sprøytebetongbuer, noe som har tatt ekstra tid. Denne tiden har ikke blitt kalkulert inn i den opprinnelige planen og dette har gjort at planen har blitt strekt noe (Rådgiver Nye Veier, E18).*

Videre nevnte intervjupersonen at det ikke er for driving, sikring eller andre etterfølgende aktiviteter at utfordringen egentlig ligger. Litt av utfordringen er at den tyngste biten på elektriske systemer og SRO (Styring, Regulering og Overvåking), ligger i tunnelene og dette henger sammen med test-biten på slutten av prosjektet. Her har totalentreprenøren i dette prosjektet vært gode på å komme i gang tidlig med testing av elektro og SRO-biten. Det ble tatt høyde for leveringsdatoen inn her og AF har hatt en veldig styrt og god plan gjennom dette ble det fortalt av rådgiveren fra Nye Veier på E18 prosjektet. Intervjupersonen fortalte videre at dette er den tradisjonelle biten hvor ting ikke går som planlagt i slutfasen og at prosjekter derfor ikke blir ferdige til avtalt sluttdato.

### **Gode estimater på mengder og kapasiteter**

De fleste intervjupersonene i denne oppgaven har nevnt dette punktet som en viktig forutsetning for å skape en realistisk og god fremdriftsplan. Som nevnt tidligere under kompetansebiten, sitter entreprenørene på mye god erfaring med tanke på estimater her, noe som gjør at disse punktene går noe inn i hverandre. Alle intervjupersonene fra AF Gruppen på både E18 og E39 prosjektene nevnte dette som et veldig viktig punkt. Hvor lang tid tar det å lage ulike elementer, hvilke volumer er det snakk om og hvilke kapasiteter har entreprenøren tilgjengelig, var spørsmål man bør stille seg tidlig mente de. Den ene funksjonæren på E18 presiserte at mengde ganger kapasitet gir en fremdrift. Altså er det variablene mengde jobb og entreprenørens kapasitet, som er styrt med egne ressurser, som resulterer i en gitt fremdrift. Det er disse variablene man må ha best mulig kontroll på, i et planleggingsperspektiv, ble det sagt under dette intervjuet. Dette er viktig for å kunne få en planlagt fremdrift som er mest mulig lik den faktiske fremdriften i prosjektet, altså for å få realistiske tall inn i fremdriftsplanen. Personen nevnte at det kan være en fordel å snakke med de som faktisk utfører jobben og dermed få gode estimater på hvor lang tid de tror de vil bruke på ulike arbeidsoppgaver.

### **4.2.2 Bruken av digitale verktøy for å skape og bruke ulike typer fremdriftsplaner**

I dette underkapittelet blir det lagt frem hvordan fremdriftsplanene på caseprosjektene E18 og E39 har blitt utarbeidet og brukt i prosjektene underveis. Dette i tråd med det som har blitt skrevet i metodekapittelet for å sammenlikne bruken av skråstreksplaner i to veldig like prosjekt. Informasjonen gitt, kommer direkte fra det intervjupersonene på de ulike prosjektene har beskrevet i intervjuene. Disse ble gjennomført på anleggskontorene til respektive prosjekt.

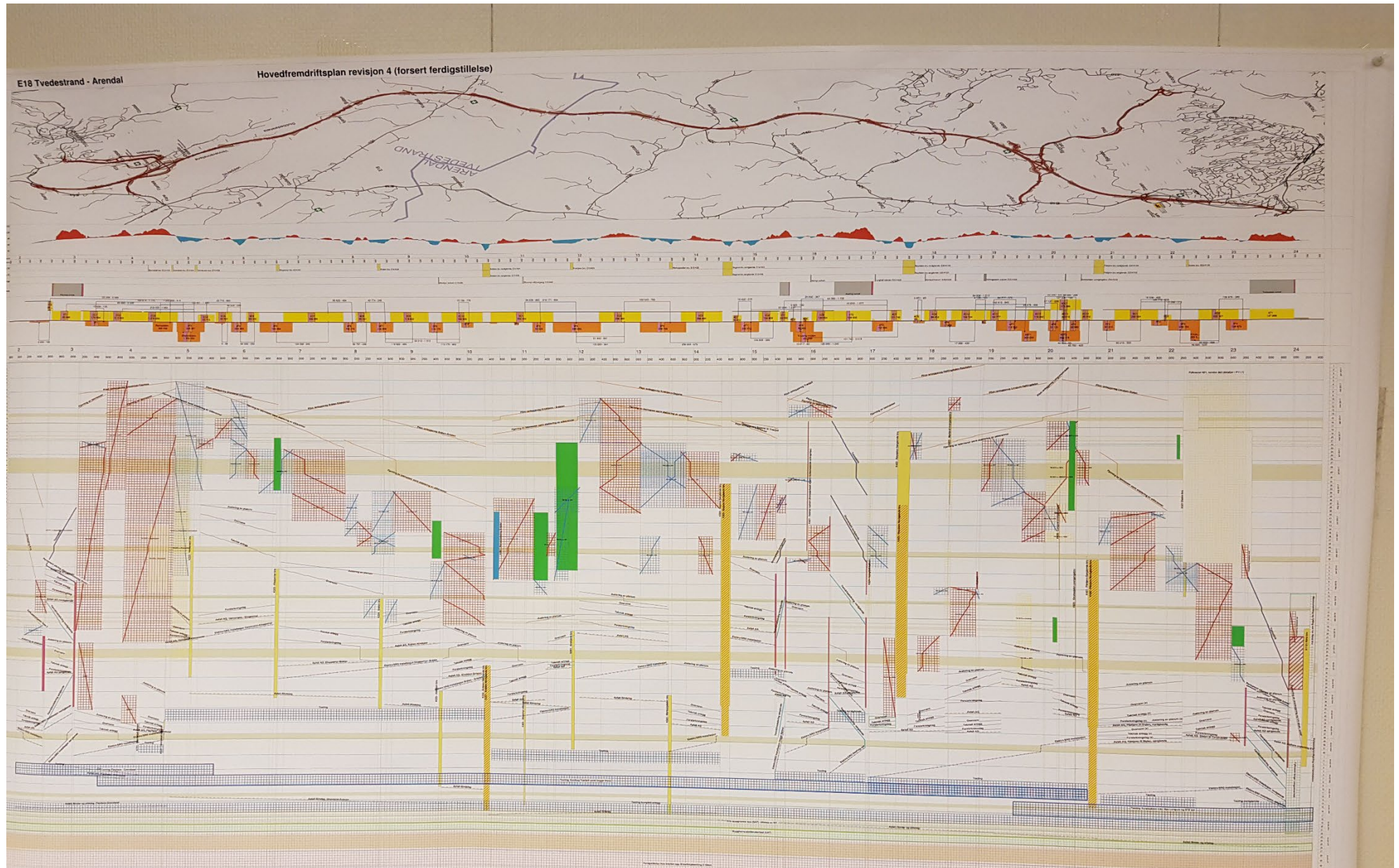
Figur 24 og Figur 25 viser skråstreksplanen for hvert prosjekt, slik de hang på møterommet der intervjuene ble gjennomført. Av hensyn til AF Gruppen sitt eierskap til planene ble det ikke gitt tilgang til høyoppløselige versjoner av skråstreksplanene. Det ble derimot gitt tillatelse til å bruke bildene av planene slik de fremkommer i denne oppgaven.

### **E18**

Funksjonærene som ble intervjuet fra totalentreprenøren AF Gruppen fortalte at de startet med å lage en prosjektplan i MS Project, da med Gantt-visning. Denne ble så ble konvertert over til TILOS for å skape skråstreksplanen som en hovedplan for hele prosjektet, vist i Figur 24. Dette ble gjort i anbudsfasen først og videreutviklet senere. De valgte å bruke TILOS for å utarbeide skråstreksplanen, fordi det var et stort prosjekt og at de hadde erfaring med programvaren TILOS fra før av. De benyttet også LEAN tankegang med digital lappeteknikk i prosessen med å utarbeide skråstreksplanen.

Byggherren Nye Veier bestemte en PNS og stilte krav til totalentreprenøren om at denne skulle bli benyttet i prosjektplanen. Begge funksjonærene som ble intervjuet fra AF Gruppen på dette prosjektet, hadde god erfaring med bruk av skråstreksplaner fra andre prosjekt. Den ene personen har prøvd ut forskjellige verktøy for å utarbeide skråstreksplaner, men trivdes best å arbeide med TILOS. De har i dette prosjektet gitt byggherren opplæring i hvordan en skråstreksplan kan brukes. Deres oppfatning var at byggherren oftest etterspurte hovedplanen i prosjektet vist som skråstreksplan med revisjoner, i stedet for med Gantt-visning.

I dette prosjektet ble skråstreksplanen brukt ned til formannsnivå. Fra dette nivået ble enklere uke- og dagsplaner på et mer detaljert nivå brukt, som oftest ble utarbeidet i Excel. Disse planene hadde allikevel skråstreksplanen som et utgangspunkt. Det var denne som gjaldt, med tanke på tidspunktene og stedene der aktivitetene skulle foregå. For oppfølging av fremdrift i dette prosjektet og som input til S-kurven ble det brukt prosentvis utført arbeid i MS Prosjekt. Rådgiveren i Nye Veier som ble intervjuet bekreftet at i dette prosjektet ble brukt tre sett med planverktøy. Det var skråstreksplanen, som var utarbeidet i TILOS, som var kjernen i alt som ble gjort. Så ble funksjonen med autogenerering fra skråstreksplanen i TILOS brukt til å få en overordna Gantt-plan i MS Project. Det ble fortalt av samme person at den planen ble brukt lite i praksis. Planen i MS Project ble så tatt ned på et lavere nivå, formannsnivå, der enkle og mer detaljerte planer ble lagd, ofte i Excel. Disse inneholdt en enkel opplisting av oppgaver som skal ivaretas over et mer begrenset tidsvindu, samtidig som disse var mer detaljert.

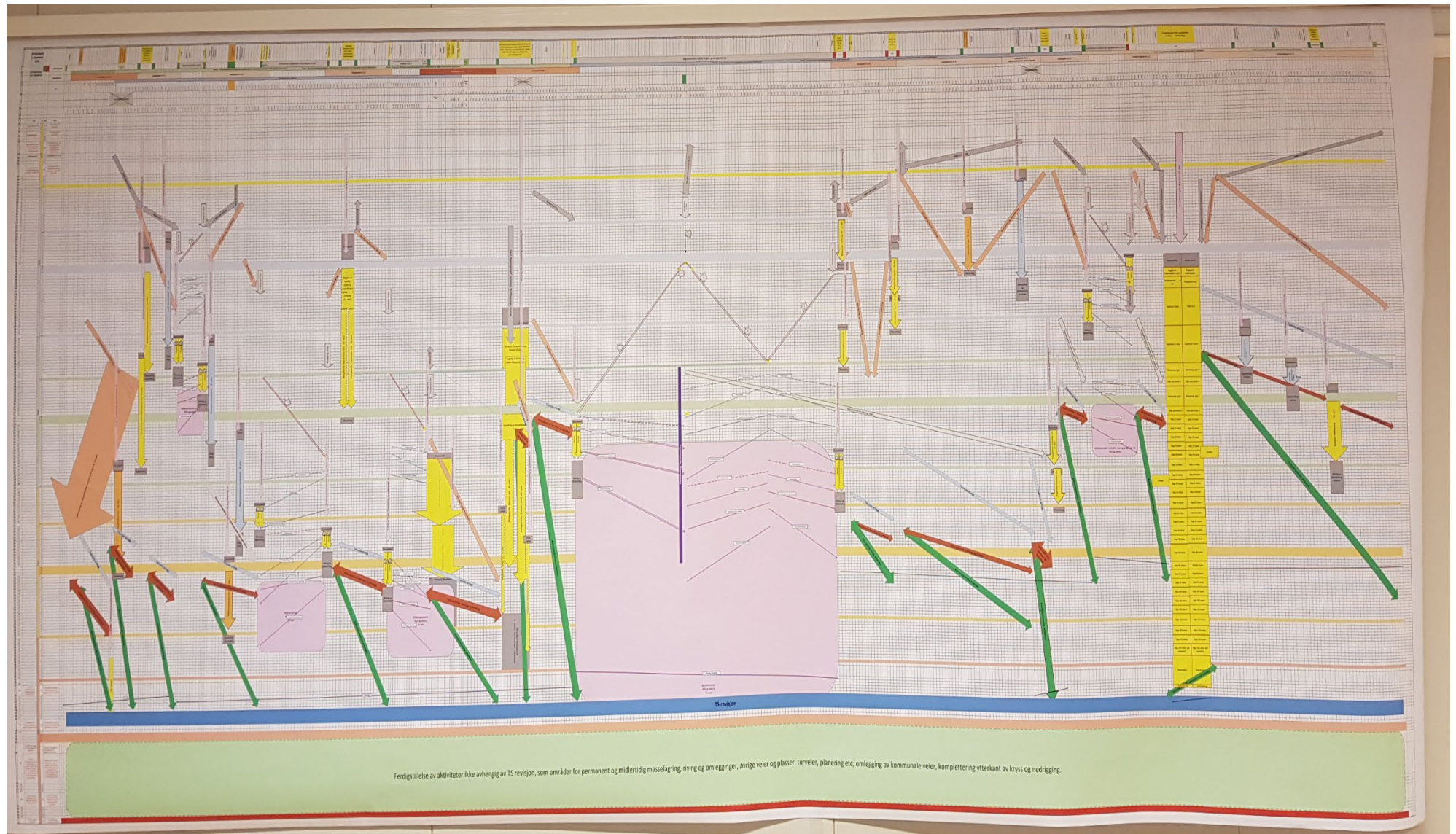


Figur 24: Skråstrekplanen for E18 Tvedestrand - Arendal

**E39**

På dette prosjektet ble det fortalt at de startet på litt samme måte som på E18, med en prosjektplan lagd i MS Project først, for så å utarbeide en skråstreksplan. Det var allikevel et par store forskjeller mellom disse prosjektene. E18 var opprinnelig en enhetspriskontrakt fra SVV som ble overdratt til Nye Veier og grunnlaget var allerede lagd med mengdelister i det prosjektet. På E39 var det ikke det, og da vanskeligere å begynne å lage en fremdriftsplan og prising for prosjektet, særlig med en kort anbudsperiode å gjøre dette på. På dette tidspunktet hadde de med seg en erfaren planlegger som hadde erfaring med å skape skråstreksplaner i Excel. Siden det ble benyttet fra start valgte de å fortsette å bruke denne programvaren for utarbeidelse og revideringer av skråstreksplanen. Funksjonærene som ble intervjuet i dette prosjektet så ikke på dette tidspunktet nytten av å lage en versjon av denne planen i TILOS, da dette hadde medført merarbeid og var lite hensiktsmessig sånn sett. Det ble fortalt senere i intervjuet at i neste prosjekt ville de heller brukt TILOS fra start. Dette ble begrunnet med at det er bedre når to programvarer "snakker" sammen og at man har muligheten til å vise planen som både Gantt-diagram og skråstreksplan. Samtidig som de så i etterkant at det ble mange manuelle endringer i planen i Excel da planen ble revidert. Dette er noe mer automatisert i TILOS, da man kan koble avhengige aktiviteter opp imot hverandre.

Skråstreksplanen i dette prosjektet, vist i Figur 25 under, brukes til å visualisere fremdriftsplanen på en god måte. Intervjupersonene i dette prosjektet, begrunnet dette med at det er vanskelig for utenforstående å forstå en prosjektplan vist som et Gantt-diagram på 2000 linjer.



Figur 25: Skråstreksplanen for E39 Kristiansand vest - Mandal øst

Denne skråstreksplanen ble brukt som hjelpemiddel for å formidle planen ut til de involverte i organisasjonene i prosjektet og for å vise hvordan arbeidene hang sammen. Måten de lagde skråstreksplanen på var å få med de store og kritiske aktivitetene først. Dette gjaldt gjerne de store konstruksjonene som bruer og tunneler og se på tidsbruken for å få disse ferdig. De satt gjerne med både prosjektplanen i Gantt-visning og hovedplanen i skråstreksdiagram samtidig, for å få sammenkjørt de planene. For tunnelarbeidene, som var ganske store i dette prosjektet, ble det lagd en egen plan for, med utgangspunkt i skråstreksplanen. Her splittet de opp arbeidet videre til driving, sikring, vann- og frostsikring og andre større aktiviteter og da ble Excel brukt.

I likhet med E18 prosjektet, ble skråstreksplanen brukt mye og den hang rundt omkring på de fleste kontorene på anlegget. Den ble brukt i møter, som diskusjonsgrunnlag og den ble også her brukt ned til formannsnivå. Fagarbeiderne forholdt seg til aktiviteter på dags- og ukenivå og brukte dermed ikke skråstreksplanen så mye. For mer detaljerte arbeider ble det fortalt av funksjonærene fra AF Gruppen at prosjektplanen ble benyttet til slike formål. Det var prosjektplanen i Gantt-visning som ble benyttet til oppfølging av fremdriftsplanen. Her inngikk rapporteringen til byggherren, økonomistyring og milepælbruk. All fremdriftsoppfølging i dette prosjektet foregikk altså i prosjektplanen i MS Project med Gantt-visning.

Funksjonærene fra entreprenøren forklarte at for å lage S-kurvene her, ble det først sett i forhold til tidsbruken så langt, så omgjort til kostnader som går inn i S-kurven for prosjektet. De fortalte videre at man kan ligge to uker bak planen i tid, men fire uker bak i kostnader hvis denne aktiviteten er kostbar, for eksempel aktiviteter som tunnel- eller brubygging.

Funksjonærene i AF Gruppen fortalte videre at prosjekteringsplanen, lagd av en rådgiver i Norconsult, ble utarbeidet ut ifra skråstreksplanen. Rådgiveren fra Norconsult bekreftet dette og sa at det ble lagd et Gantt-diagram for prosjekteringsplanen i verktøyet Isy Prosjektplan, men til dette formålet kunne det også blitt benyttet MS Project ble det fortalt. Hovedgrunnen til at dette verktøyet ble valgt var at personen var mest fortrolig med det, kontra MS Project.

*Den største forskjellen mellom Isy Prosjektplan og MS Project for oss i Norconsult, er at vi kan koble fremdriften direkte mot våre oppdrag og timeføringer i de ulike oppdragene. Vi kan dermed koble timeføring og kostnader i selve fremdriftsplanen for prosjektering. Her oppdateres fremdriftsplanen etter at personellet fører timelister, slik at man får opp en statuslinje i det digitale verktøyet (Rådgiver Norconsult).*

Denne rådgiveren sin jobb gikk ut på å ta utgangspunkt i skråstreksplanen fra AF Gruppen og drive en tilbakeplanlegging for alle prosjekteringsoppgavene. Dette ble gjort for å passe på at alt var prosjektert ferdig til riktig MMI nivå, når entreprenøren skulle begynne på en arbeidsoperasjon. Med tanke på dette var det interessant for rådgiveren å vite når en aktivitet hos entreprenøren skulle starte, ikke være ferdig. Intervjupersonen fra Norconsult fortalte at planen fra entreprenøren var "hellig" og skulle følges. For å lage planen for prosjekteringen måtte det tas hensyn til interne kontroller, tverrfaglige kontroller og tid til å rette opp i dette. Samtidig skal prosjekteringen av for eksempel tunneler og bruer til egne godkjenninger hos vegdirektoratet, noe som tok ekstra tid.

Rådgiveren fra Norconsult fortalte at de valgte å sette et fast uketall på godkjenningsprosedyren i vegdirektoratet. Varigheten på disse varierte for ulike typer konstruksjoner, som de brukte inn i planen. Alt dette for å sikre seg at entreprenøren fikk modellene i riktig MMI nivå. Slik at de kunne bygge etter disse modellene og følge sin fremdriftsplan for selve byggingen. Videre fortalte samme person at det ble laget lappeplaner i tilbakeplanleggingsøker for ulike arbeidspakker. Dette ble gjort for å få en detaljert fremdriftsplan for arbeidspakkene med tverrfaglige avhengigheter på ulike MMI-nivå. Denne planen var også i Gantt-visning og til dette ble det brukt MS Project direkte i møtene. Også her var det litt tilfeldig valg av programvare. Da en person med erfaring med verktøyet startet å bruke det, valgte de å fortsette å bruke samme digitale verktøy i videre møter. Rådgiveren fra Norconsult hadde tidlig i prosjektet spurt totalentreprenøren om de skulle bruke TILOS i fremdriftsplanleggingen, da personen mente at det hadde gjort jobben med å lage prosjekteringsplanen enklere.

*Hvis de hadde brukt TILOS her, så kunne den oppdaterte og gjeldene fila, bli konvertert til et Gantt-diagram, som jeg kunne brukt som utgangspunkt i min tilbakeplanlegging. Så lenge de brukte Excel her og flytta på noen oppgaver, så måtte jeg endre manuelt en gang til. Det var også vanskelig å se hvor hadde de justert på ulike tidspunkt og derfor måtte jeg sitte og høre om fila var låst eller åpen (Rådgiver Norconsult, E39).*

Dette handlet altså om å effektivisere arbeid og redusere sløsing med hjelp av bruk av mer egnet programvare. Det siste som ble nevnt i sitatet handlet om lite effektiv samhandling, da det intervjupersonen måtte ta kontakt med en annen person for å finne ut av dette.

#### **4.2.3 Fordeler med å bruke skråstreksplaner i anleggsprosjekt**

Dette underkapittelet trekker fram hovedfunnene i intervjuene, angående fordelene av å bruke skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt. Det er videre delt inn i lineære anleggsprosjekt, visualiseringseffekt, endringsarbeid og anleggsgjennomføring. Det avsluttes med effekten av planleggingsarbeidet på E18.

##### **Lineære anleggsprosjekt**

Ut ifra intervjupersonenes erfaringer med skråstreksplaner, mente flere at metoden egner seg best for å planlegge gjentakende arbeider. Gjerne prosjekt som foregår langs en linje over lengre strekninger som for eksempel tunnel- og jernbaneprosjekter. Med tanke på dette ble noen av fordelene med bruken av TILOS nevnt for slike prosjekt.

*Bruk av skråstreksplaner egner seg spesielt godt i tunnelprosjekter. Dette fordi man gjerne har en fast produksjonsrate som er rimelig grei å anslå for ulike soner på forhånd. Her kan man dele inn sonene i tunnelen og angi en viss rate for de ulike sonene som man antar å ha ulik fremdrift. Dette vises enkelt og oversiktlig i skråstreksplanen. Samtidig som man kan legge inn hvor tverrslagene skal komme og TILOS regner ut hvor og når det blir gjennomslag hvis tunnelen drives fra to sider, ut ifra de produksjonsratene som er satt inn (Rådgiver FRE16).*



Professoren ved NTNU understøttet dette med at bruken av skråstreksplaner er gunstig å bruke i særlig anleggsprosjekt. En årsak til dette kan være at det er forholdsvis lett å sette produksjonsraten ut ifra salvesykluser fortalte denne intervjupersonen. Her var det da snakk om gjentakende arbeider, som er vanskeligere å vise på en hensiktsmessig måte som en bar i et Gantt-diagram. Personen sammenliknet bruken av taktplaner i byggeprosjekt med skråstreksplaner i anleggsprosjekt og mente at en utfordring med dette i byggeprosjekt er å finne gunstige soner og angi en takt. Dette er lettere i anleggsprosjekt der en sone kan være angitt i salvelengder for eksempel. Funksjonærene på E18 understøttet dette. De fortalte at for et veiprojekt som E18 på over 2,2 mil vei og som strekker seg over flere år, er dette en god og oversiktlig måte å planlegge og vise planen på. Skulle man her brukt et vanlig Gantt-diagram til samme formål, blir det gjerne store og uoversiktlige planer, mente de.

### **Visualiseringseffekt**

Det var stor enighet om at skråstreksdiagrammene gir en god visualiseringseffekt, særlig for å vise fremdriften i lineære prosjekt, som nevnt tidligere. Intervjupersonen fra NTNU fortalte at en av de store fordelene med en skråstreksplan, sammenliknet med Gantt-diagram, er at man i en skråstreksplan ser hvor arbeidet skal skje. Det er i tillegg til det som vises i et standard Gantt-diagram, som viser hva som skal skje og når det skal skje. Videre ble det fortalt at det er lett å se kollisjoner mellom arbeider, da dette enkelt vises av linjer som krysser hverandre. Ut ifra ulik produksjonsrate er dette også en fordel med tanke på oppstart av arbeider som er avhengige av hverandre, noe som gjør koordineringsprosessen enklere og mer oversiktlig, mente professoren. Dette bekreftet rådgiveren på FRE16 som ble intervjuet, med at metoden egner seg bedre enn Gantt-diagram til å koordinere flere parseller/entrepriser på overordnet nivå. Personen fortalte altså at det er fordelaktig å benytte metoden for grensesnittåndtering. Det ble vist til metodens evne til å gi en meget god visualiserende effekt med å vise planen i både tid og sted. Funksjonærene fra E39 konstaterte også fordelene med grensesnittåndtering i et prosjekt. Som et eksempel ble det brukt tunnel mot arbeidet i dagen. Her er det lett å se grensesnitt med steds plassering, tidsakse og aktiviteter som følger hverandre og er avhengige av hverandre i dette området.

Rådgiveren fra Nye Veier på E18 prosjektet fortalte at for en byggherre i en totalentreprise, er det viktig å ha et overordnet og oversiktlig bilde av prosjektet. Samtidig skal de sikre at planleggingsarbeidet holder god nok kvalitet og at det er lett å følge opp planene. Med tanke på alt dette mente personen at det er genialt å bruke metoden skråstreksplaner utarbeidet i det digitale verktøyet TILOS. Videre ble det fortalt at når man lærer seg symbolikken og hvordan skråstreksplanen er bygd opp, så kan hvem som helst sette seg ned og få et veldig godt overblikk over prosjektet, i løpet av ekstremt kort tid. Skråstreksplanen på E18 ble brukt nesten daglig ute på anlegget av både kontrollingeniørene og av totalentreprenøren. Særlig på et overordnet nivå og for å se om man holdt planen. Skråstreksplanene er mye lettere å bruke i sammenheng med presentasjoner og i daglig oppfølging. Dette begrunnet intervjupersonen med den gode visualiseringseffekten denne typen plan gir. Rådgiveren fra Norconsult i E39 prosjektet, mente at det var veldig nyttig med den skråstreksplanen fra AF Gruppen, fordi man så veldig greit når de skulle i gang med byggingen først og sist og hvor det skjedde i linja.

Da kunne man gå uker nedover langs aksene og se når de har tenkt til å starte med en gitt aktivitet.

*Jeg har også sett Gantt-diagrammet som AF brukte da de detaljerte ut den skråstreksplanen. Den er fryktelig vanskelig å trenge inn i, fordi det er jo bare linjer som gir tekst nedover og en strek bortover. I et såpass omfattende prosjekt, så blir det veldig fort uoversiktlig i et Gantt-diagram. Visualiseringseffekten som en skråstreksplan gir, er gunstig for å bruke til å lage fremdriftsplanen for prosjekteringen (Rådgiver Norconsult, E39).*

Funksjonærene fra AF Gruppen på både E18 og E39 trakk fram dette aspektet som en av hovedfordelene med å bruke en skråstreksplan i så store prosjekt. Det ble også nevnt fordelene med å lage en slik plan i en programvare som TILOS, da man har både muligheten til å vise planen både som en skråstreks- og Gantt-plan i samme verktøy. Den ene funksjonæren på E18 mente at for lengre tunneler er det helt klart best å bruke metoden skråstreksplan for fremdriftsplanleggingen. På E39 prosjektet var funksjonærene opptatt av at skråstreksplanen skulle brukes for å formidle planen på en god måte videre ut i prosjektorganisasjonen. De mente at det er lite hensiktsmessig å vise en Gantt-plan med mange lange streker over flere ark i formatet A0 på veggen, da dette fort blir uoversiktlig.

### **Anleggsgjennomføring**

Dette undertemaet handler om hvordan bruken av skråstreksplaner og digitale verktøy som TILOS, kan gi fordeler med tanke på planlegging av en fornuftig anleggsgjennomføring. Denne kombinasjonen kan gi muligheter for effektivt endringsarbeid som også skrives om her. Flere av intervjupersonene trakk frem disse aspektene som veldig fordelaktig når det kom til planleggingen av anleggsprosjekt.

*Det viktigste med en plan er ikke å klare å beskrive framtida eksakt sånn som den skal være, men det er å ha et verktøy for å måle endringene opp imot, fordi det vil skje endringer. Da må man ha en kontrollert håndtering, vite hvorfor endringer skjer og hva som er konsekvensen av det. Dette er veldig lett å se i en skråstreksplan i TILOS. Selv om det ikke vises et logisk nettverk i denne planen, så henger ting sammen allikevel. Hvis man gjør en justering på en linje i TILOS, ser man med en gang hvilke konsekvenser det får for de etterfølgende aktivitetene. Dette er en av grunnene til at TILOS er et godt og veldig visuelt verktøy (Rådgiver Nye Veier, E18).*

Rådgiveren på FRE16 var enig i dette og fortalte videre at TILOS og skråstreksplaner som prosessverktøy i ICE-møter, fungerer meget godt. Personen fortalte også om fordelene som gikk på anleggsgjennomføringen og koordinering av massefordelingen i FRE16 med hjelp av denne programvaren og skråstreksplanene som ble produsert.

*Her kan man teste ut forskjellige løsninger i møtet og sammenlikne ulike planer. Man kan effektivt se hvor de store kostnadene kommer og med tanke på å planlegge for massebruk i løpet av prosjektet. TILOS fungerer slik veldig godt, da programvaren regner ut nye tider, massebruk eller kostnadsfordeling i prosjektet bare ved et tastetrykk. Slik sparer man mye tid på å legge inn og endre data manuelt. Min erfaring er at en skråstreksplan sparer tid hver gang man vurderer/gjør slike endringer i prosjektet. I et stort prosjekt kan det være snakk om ganske mye tid (Rådgiver, FRE16).*

Det ble nevnt under intervjuet at man kan bruke skråstreksplanene til å optimalisere løsningene i de kompliserte prosjektene. For eksempel plassering av tverrslag, drivemetode, entreprisenndeling også videre, altså få en gunstig anleggsgjennomføring. Mye av grunnen til dette er på grunn av at i en skråstreksplan er det en del aktiviteter som er enklere å endre på, når planen først er utarbeidet. Personen mente at det er lettere å få oversikten over det man diskuterer i skråstreksplaner, enn i Gantt-planer. Denne rådgiveren fortalte i tillegg at det er enklere å se konsekvensen av endringer og sammenlikne alternativer mot hverandre med å bruke skråstreksdiagram i TILOS. Under intervjuet med rådgiveren fra Norconsult i E39, kom det fram at for skråstreksplanen lagd i Excel, gikk det ikke an å koble aktivitetene opp imot hverandre, som man kan gjøre i TILOS.

*Hvis man nå for eksempel endrer tidspunktet for adkomst til linja et sted, så må resten av aktivitetene som har avhengigheter til denne også endres manuelt i Excel. Her er TILOS veldig gunstig med automatisk endring av de aktivitetene som er kobla sammen med avhengigheter, og man kan se med en gang hva som skjer med resten av prosjektet etter endringer i noen arbeidspakker. Dette er gull verdt i særlig tidligfaseprosjektering, for å se hvordan endringer et sted påvirker endringer andre steder også (Rådgiver Norconsult, E39).*

Denne personen bekreftet altså det som ble nevnt tidligere angående fordelene med endringsarbeid i TILOS. Videre konstaterte også denne personen at den faktiske fremdriften sjeldent blir den samme som den planlagte fremdriften i så store og komplekse prosjekt.

*Det blir da mye manuell jobbing når endringer blir gjort i planen. Det å lage en sånn skråstreksplan som i det prosjektet her kan fint tegnes opp en gang i Excel, men problemet er at den blir veldig stiv for endringer og oppfølging av faktisk fremdrift. Det er heller ingen kobling her til Gantt-diagrammet, så dette gir kun et bilde på planen deres for anleggsgjennomføringen. Det er vanskelig å måle hva som blir den reelle fremdriften via denne planen og verktøyet (Rådgiver Norconsult, E39).*

Intervjupersonene fra AF Gruppen på samme prosjekt var enige i dette. De bekreftet fordelen med at en skråstreksplan i TILOS kan konverteres til Gantt-visning, noe som ble vanskeligere med planen lagd i Excel på E39. Funksjonærene som ble intervjuet på E18 prosjektet fortalte også at de synes at bruken av skråstreksplaner i TILOS er en gunstig måte å se hvordan anleggsgjennomføringen kan være, for å optimalisere den. I dette prosjektet var det viktig med en god pilotvei gjennom linja for å få effektiv massetransport.

Da kom det godt med å bruke massediagrammet i programvaren TILOS i planleggingsarbeidet av dette. De fokuserte på å få i gang kritiske aktiviteter tidlig i prosjektet og de brukte TILOS aktivt for å finne den beste anleggsgjennomføringen.

*I TILOS kan man enkelt sitte og sammenligne 4-5 ulike planer for et prosjekt, for å velge den beste planen. Man endrer kapasiteter enkelt og ser forandringer og hvordan de påvirker andre aktiviteter. Dette må gjøres manuelt i for eks. Excel og der kan man ikke låse aktivitetene mot hverandre som i TILOS (Funksjonær AF Gruppen, E18).*

Funksjonærene fra AF Gruppen på E39 prosjektet mente også at en skråstreksplan er god med tanke på å planlegge ressurser på ulike punkt i linja. De nevnte som et eksempel bruken av borerigger i tunneldrift. Her kan man styre når de ulike boreriggene skal arbeide på ulike tunnelløp og dette ble vist enkelt i skråstreksplanen.

### **Effekten av planleggingsarbeidet på E18**

Våren 2019 lå strekningen Tvedestrand - Arendal an til å åpne hele tre måneder tidligere enn planlagt. Intervjupersonen fra Nye Veier i prosjektet mente at dette, uten tvil, hadde sammenheng med planleggingsbiten, der skråstreksplanene var en viktig kilde inn i det. Intervjupersonene fra AF Gruppen støttet opp om dette. De fortalte at bruken av skråstreksplaner i TILOS, har vært veldig gunstig for å kunne planlegge selve anleggsgjennomføringen. Her kunne man før anbudet sammenlikne fire til fem ulike planer i programvaren og finne den beste planen. Det ble nevnt at det var enkelt å justere ulike parametere som kapasiteter og se hvordan dette endret avhengige aktiviteter, samtidig som man så hvordan hele prosjektet ble påvirket av dette, dersom det gjaldt kritiske aktiviteter. Planene i dette prosjektet ble oppdatert hver sjette måned. Kontraktplanen lå som en basis og den ble det aldri justert på. Hver sjette måned ble det lagd en ny revisjon av planen, for å justere inn til det virkelige. Opprinnelig- og revidert plan ble vist i Figur 21: S-kurve for E18 prosjektet.

*Vi hadde aldri vært der hvis vi ikke hadde hatt gode planer. Prosjektet hadde en ekstremt tøff fremdriftsplan i utgangspunktet, kanskje den tøffeste fremdriftsplanen som er blitt satt for et veiprojekt i Norge frem til da. I grove trekk så har AF klart å holde planen hele veien og det har vært veldig imponerende (Rådgiver Nye Veier, E18).*

Samtidig ble det nevnt at totalentreprenøren har vært gode på å prioritere riktig ut ifra planen, da særlig med tanke på masselogistikken i prosjektet. Her har de gjort mye av masseuttakene tidlig i prosjektet og slik fjernet mye av usikkerhet som har med fjellspengning å gjøre. Dette kan bli sett på som en slags buffer som er lagt inn for å forsere planen tidlig. Intervjupersonen fra Nye Veier fortalte at byggherren hadde så langt vært fornøyd med bruken av skråstreksplanen, både i anbud og i prosjektets senere faser.

#### **4.2.4 Utfordringer med å implementere bruken av skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt**

Dette underkapittelet viser til svarene fra intervjupersonene, omhandlende forskningsspørsmålet om utfordringene med skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt. Det deles inn i faktorer som går på brukere, detaljnivå og utfordringer med programvaren TILOS.

## Brukere

Dette punktet nevnte samtlige personer som ble intervjuet, som en av de største utfordringene til dette temaet. Rådgiveren på FRE16 svarte at det må opparbeides mer erfaring på denne metoden, før det kan bli et standard verktøy i bransjen. Dette gjelder både for byggherrer, rådgivere og entreprenører mente intervjupersonen. Videre ble det nevnt at en utfordring med dette, er opplæringen av personell for å bruke digitale verktøy for å utarbeide skråstreksplaner. Her må de som styrer prosjektene være villige til å bruke denne metoden for å skaffe mer erfaring.

*Vi har bare erfaring med skråstreksplaner i noen få prosjekter i Norge. Det betyr at både rådgivere, byggherrer og entreprenører må bli bedre kjent med skråstreksplaner i planleggingsfase og byggefase, før det blir et "standard" verktøy i flere prosjekter. Utfordringen er å lære opp folk i verktøyet, slik at flere kan bruke det, og finne prosjekter som er villige til å bruke denne metoden for å skaffe mer erfaring (Rådgiver Norconsult, FRE16).*

Intervjupersonen på FRE16 fortalte at det krever mer arbeid å sette opp en skråstreksplan enn en Gantt-plan, særlig første gangen man gjør det. En grunn til dette er at maler for aktiviteter må lages og ulike visningsaspekter må defineres. Samme person fortalte at når maler først var lagd og disse kan brukes i nye prosjekt som grunnlag, går denne prosessen fortere. Den ene funksjonæren fra totalentreprenøren på E18, snakket også om dette aspektet og at personen hadde utarbeidet maler som kan brukes i andre prosjekt, for å spare tid. Rådgiveren fra byggherren Nye Veier i samme prosjekt nevnte utfordringen som gikk på at brukerne i prosjektene må forstå nytteverdien av planlegging og at det ikke er verktøydiskusjonen i seg selv som er utfordrende.

*Den største utfordringen ligger i det å forstå nytteverdien av planlegging. Bygg- og anleggsektoren er nok preget av det som olje og gass hadde for omtrent 30 år siden, at det er litt sånn cowboy-mentalitet; «Vi vet jo hva vi skal gjøre, så bare la oss komme i gang». Hvis man kan snu på den trenden og den måten å håndtere ting på og faktisk sette seg ned og begynne jobben med å planlegge (Rådgiver Nye Veier, E18).*

Man må altså få brukerne som er involvert til å skjønne at det er en fordel å tenke "Hva er det vi faktisk skal gjøre og hva er den mest hensiktsmessige måten og gjøre det på?", før man setter i gang med selve byggingen. Hvis man får de ansatte til å forstå dette, så vil det være enklere å "selge inn" at man må ha et egnet digitalt verktøy for dette. For eksempel TILOS eller andre digitale verktøy som lager skråstreksplaner, mente rådgiveren fra Nye Veier i E18. Professoren fra NTNU var helt enig at en av de store utfordringene med å implementere noe nytt som skråstreksplaner, ligger på brukersiden. Personen mente at man må skape en forståelse blant brukerne av verktøyet eller metoden, om at dette er noe som skal hjelpe dem i jobben de gjør, ikke gjøre den vanskeligere. Brukerne må føle nytten av dette, hvis ikke vil det ikke bli brukt, mente professoren.

På E18 fortalte funksjonærene fra AF Gruppen at de jobbet med å få flere arbeidsledere, formenn og driftsledere til å forstå budskapet i planen. Noe de mente de har lykket med, ved å få fram budskapet i skråstreksplanen som ble lagd i TILOS i dette prosjektet. De nevnte at for å få sluttbrukerne til å forstå planen, måtte de ty til forenklinger, samtidig som de har brukt tid til å få brukerne til å forstå logikken i selve skråstreksplanen. For å få til dette fortalte de at det er viktig å se hvilket nivå brukeren er på og hva de ulike personene er mottakelige for. Intervjupersonene fra dette prosjektet trakk fram at man har jo fått fagarbeidere og baser til å bruke digitale hjelpemiddel som i-padder og modeller ute på anlegget, så det burde jo gå an for å bruke en skråstreksplan også. Samtidig ble det nevnt at kompetansen hos byggherre og hva som bestilles av dem, kan variere stort med tanke på bruken av skråstreksplaner.

Funksjonærene fra AF Gruppen på E39, var enig i at det å få brukerne til å lære seg nye metoder og verktøy, er en av de store utfordringene i denne sammenhengen. Man må få med seg de mer konservative brukerne på den teknologiske utviklingen og få de til å forstå nytten av skråstreksplaner og digitale verktøy. I dette prosjektet ble det sagt at alle underentreprenører og rådgivere har blitt godt kjent med skråstreksplanen. De har forholdt seg til den og de fleste i prosjektorganisasjonen har vært fornøyd med å jobbe med skråstreksplanen i prosjektet, fortalte intervjupersonene fra AF Gruppen på prosjektet.

### **Detaljnivå**

Som neste store utfordring med å bruke skråstreksplaner i større grad i anleggsbransjen, ble aspektet med detaljnivå nevnt av flere intervjupersoner. Funksjonærene fra AF Gruppen på E39 mente at man ikke kan ha for mange detaljer inn i skråstreksplanen. Da kan man miste oversikten, planen kan bli rotete og skråstreksplanen mister nytten sin. De fortalte videre at man må bestemme seg for et detaljeringsnivå i skråstreksplanen og holde seg til det.

*Skråstreksplanen er ikke er god nok å planlegge og bygge etter, den er kun et hjelpemiddel for å visualisere planen og gi det store perspektivet. Man må ha en prosjektplan i bunnen som er mer detaljert og som man styrer etter (Funksjonær AF Gruppen, E39).*

Disse funksjonærene sa også at det er lettere å ivareta avhengigheter mellom ulike arbeidsoppgaver i prosjektplanen vist i et klassisk Gantt-diagram vist med avhengigheter. Rådgiveren fra Norconsult i E39 mente at for en total tunnelpakke så må man ha mange flere detaljplaner under en skråstreksplan. Den gir bare det totale overordnede bildet, da man ser veldig godt hvordan ting henger sammen i denne skråstreksplanen. Både med tanke på portalbygging og det som skal gjøres av større aktiviteter inne i tunnelen for eksempel. Uansett må dette bygges videre opp med mange detaljplaner utenfor skråstreksplanen og ta planen ned til en kortere tidshorisont, mente denne personen. Rådgiveren fra Nye Veier på E18 var enig i dette og mente at man ikke kan erstatte den tradisjonelle planleggingen med Gantt-diagrammer, men at man må ha de i et prosjekt også. Intervjupersonen fra FRE16 fortalte også at skråstreksplaner har mer begrenset bruk når det kommer ned på detaljnivå, som dags- og ukenivå. Videre mente denne intervjupersonen at skråstreksplaner kan egne seg like godt som Gantt-planer på dette nivået. Dette hadde derimot personen ingen erfaring med, så det er noe som må prøves ut for å få et godt svar på, ble det sagt i intervjuet.

Under intervjuet med funksjonærene på E18 ble det fortalt at detaljplanene i prosjektet ble vist som vanlige Gantt-diagram eller andre former for tabellvisninger.

*Det er vanskeligere å bruke skråstreksplanen i slutfase, der det er mange små aktiviteter som gjenstår. Det er vanskelig å vise disse i den totale skråstreksplanen og vi bruker da andre verktøy og metoder for å vise denne fremdriften, for eksempel enke tabellvisninger (Funksjonær AF Gruppen, E18).*

I samme intervju ble det sagt at etter masseflyttingen var ferdig, brukte de ikke skråstreksplanen like aktivt som de gjorde i starten av prosjektet. Videre ble det diskutert at det kan være mer hensiktsmessig å bruke vanlig Gantt-visning for aktiviteter som er låst til et område, for eksempel portalbygging eller tekniske bygg i en tunnel. Her mister skråstreksplanen mye av sin fordel, da disse arbeidene ikke foregår over en lengre akse, men innenfor et eller et fåtall profilnummer. Det ble da nevnt at det kan være like greit å utarbeide planene for slike detaljarbeider i enklere digitale program enn TILOS, som MS Project eller Excel. Funksjonærene fra entreprenøren på E18, påpekte allikevel viktigheten av å vise hovedarbeidet i skråstreksplanen. Det er selve detaljplanen for arbeidet som kan vises i et Gantt-diagram. Rådgiveren fra Norconsult på E39 mente også at Gantt-diagram er bedre å bruke for visse aktiviteter i slike prosjekt. Personen sa at det er krevende å få inn alle poster i et stort anlegg i en skråstreksplan, fordi det er god del aktiviteter som ikke kan knyttes til konkrete steder og tider i anlegget, som for eksempel testing av SRO. Den ene funksjonæren på E18 snakket om bruken av 4D modellering og visuell fremdrift i slike store veiprojekt.

*Visuell fremdrift, 4D, kan være vanskelig å bruke i slike prosjekt over lengre strekninger, hvor mange ulike aktiviteter pågår over lang tid. Det er utfordrende å få oversikt over dette i et 4D perspektiv (Funksjonær AF Gruppen, E18).*

Personen mente at dette nesten blir vist på samme måte i en skråstreksplan, men at utarbeidelsen av en 4D-modell tar mye tid og at det har liten fordel i slike prosjekt. Det kunne allikevel være lettere å bruke 4D for å vise fremdriften når det kom til arbeider som foregår på en plass, som nevnt tidligere, fortalte den samme funksjonæren fra entreprenøren på E18.

### **Programvaren TILOS**

Dette punktet handler om utfordringene med bruken av den digitale programvaren TILOS, samt innspill fra intervjupersonene som kan gjøre programvaren bedre. Det ble av flere personer nevnt både mindre og større utfordringer eller problemer med programvaren. Funksjonærene fra entreprenøren på E18 trakk fram konverteringen fra skråstreksdiagram til Gantt-diagram i TILOS burde vært bedre. Dette gjaldt både for omgjøringen i selve programvaren, men også konverteringen til andre digitale verktøy som MS Project. Disse funksjonærene ønsket en funksjon der programvaren Novapoint "snakker" bedre med TILOS, slik at massene i prosjektet automatisk kan bli dratt over til massediagrammet i TILOS. De mente at det er en fordel å holde det meste av planer i et digitalt verktøy, men man kan enda ikke bruke TILOS og skråstreksplaner til alt. Når det kommer til detaljeringsnivå og lagstyring, mente rådgiveren fra Norconsult i FRE16 at TILOS har noen utfordringer.

Det handlet om at muligheten til å kunne styre lagene og skru disse av og på.

Intervjupersonen fortalte at det ikke alltid var like lett å vite hva endringene i lagene kunne medføre, med tanke på dette. Det ble også nevnt at det kunne være noen problemer med alle parameterne man kan stille på. Justerte man feil, kunne det ta litt tid å feilsøke etter dette mente rådgiveren fra Norconsult i FRE16. Som nevnt tidligere i dette kapittelet, har det også fremkommet av intervjuene at det tar litt tid å sette seg inn i og lære seg TILOS. Professoren fra NTNU understreket viktigheten av å ha gode verktøy for å utarbeide skråstreksplaner, for å kunne implementere denne metoden i større grad i den norske anleggsbransjen. Disse må være enkle å bruke i praksis ble det sagt. Den ene funksjonæren fra AF Gruppen på E18 fortalte det samme.

Sistnevnte person mente det burde finnes en mulighet for å tilpasse programmet til enklere bruk, altså ulike brukernivåer som et valg i TILOS. Under intervjuet med funksjonærene på E18 ble det sagt at programvaren bør tilpasses så den blir bedre med tanke på oppfølging av utført arbeid. Som for eksempel at man i MS Project kan sette 50% utført arbeid og dette vises da enkelt langs bar-charten for den aktiviteten i diagrammet. Samtidig kan det vises en fremdriftsfront, der dagens dato vises som en enkel linje ut ifra tidsaksen i visningsvinduet for planen, mente disse funksjonærene. Det ble videre diskutert at dette bør kunne bli implementert på liknende måte i TILOS også, samtidig som at man kan plote virkelig fremdrift mot planlagt fremdrift direkte i skråstreksplanen.

### **4.3 Observasjon**

I dette delkapittelet fremkommer de resultatene som er hentet fra den strukturerte observasjonen gjort underveis i prosjektoppgaven.

#### **4.3.1 Strukturert observasjon**

Det ble under arbeidet med prosjektoppgaven gjennomført en strukturert observasjon i møtet "Brukergruppemøte #2 for integrasjon mellom TILOS og Novapoint". Observasjonen ble gjennomført torsdag 06.12.2018, kl. 09:00-12:00. Møtet ble holdt på Trimble sine kontorer i Sandvika, men observasjonen skjedde over Skype, da møtet ble sendt via denne digitale tjenesten også. Temaet for møtet var integrasjonen mellom TILOS og Novapoint. Trimble ønsket innspill fra bransjen for deres brukerønsker og hva som er viktige for disse aktørene med tanke på integrasjonen mellom de to dataprogrammene. Det var god møtedeltagelse fra både leverandøren, entreprenører, rådgivere og byggherre. Det var omkring 15-20 møtedeltagere totalt. Disse skal ha hatt kunnskap eller erfaring med planlegging av prosjekter, bruken av skråstreksplaner eller TILOS, på en eller annen måte. I forkant av møtet ble det sendt ut en møteinnkallelse med formål for møtet og agenda. Møteinnkallelsen ble brukt som utgangspunkt for å lage et observasjonsnotat som var rettet mot akkurat dette møtet. Observasjonsnotatet vises i sin helhet i vedlegg 7.

Formålet med observasjonen var å observere inntrykk og kommentarer fra de ulike aktørene som deltok, om bruken av TILOS og integrasjonen med Novapoint. Det var også et mål å lære mer om dette selv, til videre bruk i oppgaven og arbeidslivet generelt.



### 4.3.2 Møtet oppsummert

Generelt var det mange gode innspill underveis fra de ulike aktørene og det ble vist et klart engasjement omkring dette temaet. Møtedeltagerne var også enige om at det er viktig med godt samarbeid innad i bransjen for å kunne bli bedre og for å skape felles standarder. Dette innebærer å dele ulike løsninger og erfaringer. Møtestrukturen og agendaen ble for det meste holdt, men det ble tidvis en del hopping mellom de ulike undertemaene, noe som gjorde det litt vanskelig å skrive ned ulike inntrykk til de gitte punktene som skulle observeres.

Det var mye snakk om Quadri i dette møtet, den åpne skyløsningen til Trimble. Her kom det fram at det er meget tidkrevende for entreprenørene å legge inn fremdriften til hvert element i byggefasen, som nå er et krav i noen av kontraktene til Nye Veier. Her handlet det om at oppdatering av status for grunnlags-, fag- og tverrfaglige modeller skal skje innen tre dager. Altså å endre status i fremdriftsplanen til "ferdig bygget", når noe faktisk har blitt bygd ute på anlegget. Intensjon til Trimble med denne koblingen mellom TILOS og Novapoint, var ikke å skape merarbeid, men skape enklere og mer effektive metoder for å koble opp fremdrift til modell. Det ble sagt at man kan avgrense et område i Quadri på type objekt, lengde eller areal. Dette gjør at man kan legge inn fremdrift for en gitt parsell, i stedet for å måtte legge inn for hvert objekt hvis det er ønskelig. I TILOS legges ikke hvert objekt inn, men en plan for en rekke av objekter, for eksempel VA-kummer, fremdrift på detaljnivå bør derfor ikke foregå i TILOS mente flere av deltakerne.

Mulighetene til å ekspanderne nåværende metode til å få en 4D modell med denne programvaren ble tatt opp og Trimble jobbet med en løsning her. Mange prosjekt bruker Gemini Terreng og det var her et ønske om å kunne hente informasjon på et anlegg i Gemini og linke dette til Trimble sin løsning. Noen mente at det hadde vært flott med en link i Gemini som legger inn omtrentlig fremdrift i planen, ut ifra stikningsdata på anlegget, inn i Novapoint. Dette kan minke merarbeid og spare mye ressursmessig. Det er da viktig med åpne formater og bruk av riktige filtyper som støtter flere programvarer. En kobling mellom slike program og oppfølging av faktisk fremdrift på anlegg kan være tidkrevende. Effektive løsninger for dette er derfor essensielt, mente flere av aktørene tilstede.

Entreprenørene mente at det er greit å bruke Gantt-diagram inn imellom, særlig for enkelte objekter, da ikke alle forstår en skråstreksplan like godt. De sa også at denne egner seg best på et overordnet nivå for større arbeidsoperasjoner, ikke så godt egnet for å planlegge fremdrift for enkeltobjekter. De fastslo også at det hadde vært kjekt med en enkel visning av TILOS planen i Novapoint, for å se hvilken type arbeider som har forskjellig fremdrift. Denne løsningen kan gjøre at flere også kan lære seg TILOS. Flere aktører ønsket et annet filter enn fargekoder som i dag brukes for å se på fremdriften til arbeidene i Novapoint. For eksempel et filter som kan skille mellom konstruksjoner og fyllinger, for å se hva det jobbes med i programvaren. En kombinasjon av disse og muligheten til å velge selv var den mest gunstige løsningen mente flere. Det kom også fram at det er viktig å anerkjenne at planlegging er et eget fag og det er best å planlegge fremdrift i egnede programmer designet for dette.

På slutten av møtet ble det tatt opp at det vil være hensiktsmessig at byggherren bestiller en viss type fremdriftsplaner, som skråstreksplaner, spesifikt for prosjekt dette passer godt for. Da er det viktig med gode maler som skaper en "best practice" og det blir viktig med videre innspill fra bransjen på denne. Det kom fram at det bør utarbeides gode maler eller "templates" i TILOS, slik at både byggherre, rådgivere og entreprenører blir kjent med samme type mal. Både med tanke på å spare tid, men også for å ha et felles system på dette som flere bruker og forstår seg på. Dette fører til entydighet, som er viktig for å skape flyt og hindre misforståelser.

## 5 Diskusjon

Kapittelet inneholder diskusjon og vurdering av resultatene fra forrige kapittel og teorikapittelet. Dette gjøres for å lede fram til en konklusjon i kapittel 6, som skal forsøke å svare på oppgavens problemstilling. Dette kapittelet er delt inn på lik måte som resultatkapittelet, med fokus på forskningsspørsmålene, slik at diskusjonen holdes så oversiktlig som mulig ut ifra dette. Det påpekes at i dette kapittelet fremkommer forfatteren av denne oppgaven sine egne vurderinger og drøftinger av resultatene.

### 5.1 Forutsetninger for å skape en god fremdriftsplan

For dette temaet nevnte de fleste intervjupersonene de samme forutsetningene, sagt på litt forskjellige måter og med ulikt hovedfokus. Det ble i resultatkapittelet derfor delt inn i de tre forutsetningene som gikk på kompetanse, planrevisjoner og gode estimater på mengder og kapasiteter. Den første og tredje forutsetningen er tett knyttet opp imot hverandre, men ble allikevel delt opp som to ulike forutsetninger. Dette ble gjort da forutsetningen om kompetanse handler mest om personene som er i prosjekt og estimatene går mer på faktiske tallverdier på mengder og kapasiteter.

#### 5.1.1 Kompetanse

I delkapittel 2.1 ble det nevnt av forskjellige forfattere at prosjekter innebærer samarbeid mellom ulike organisasjoner med ulike personer for å skape et produkt eller en verdi. For å få til dette ble det skrevet at de ulike aktørene må kunne samarbeide på en god måte. Funnene i flere av intervjuene tilsa at punktet med kompetanse blant arbeiderne i prosjekt var viktig. Det ble sagt at det handlet om å finne de riktige menneskene til prosjektene. Det ble fokusert på ulike typer kompetanse som erfaring og kunnskap, samt viktigheten av å ha personer med begge egenskapene inn i prosjekt sammen, slik at de kan utfylle hverandre. Disse argumentene er noe som gir mening, men det var litt overaskende at menneskelige egenskaper som samarbeidsevne ikke ble fokusert mer på i svarene til intervjupersonene. Allikevel kan det argumenteres for å finne de riktige menneskene til prosjektene, må samarbeidsevne også ligge til grunn, det er dermed nevnt mer implisitt i intervjuene.

Da temaet om hvilke målgrupper som skal bruke planene ble diskutert, ble det sagt av flere at planene må justeres deretter. Noen mente det ikke finnes en universal løsning for fremdriftsplanlegging, men at forskjellige metoder og verktøy må kunne benyttes i ulike prosjekt, faser og brukernivåer. Det ble diskutert kompetansen til fagarbeiderne og deres forståelse av viktigheten av å holde planen og egne å se et større bilde enn kun sin egen arbeidsoppgave. Dette handler om samarbeid også, men da samarbeidet mellom ulike lag for å ferdigstille prosjektet til rett tid og skape verdi. For å få til dette må man evne å se hvordan sitt arbeid påvirker andres arbeid, som igjen påvirker hele prosjektet.

#### 5.1.2 Planrevisjoner og estimater

Disse to forutsetningene har mye med hverandre å gjøre og samles derfor til et underkapittel her. Både teorien og resultatene i denne oppgaven har indikert at det er viktige forutsetninger å både kunne lage realistiske planer.

Disse må være basert på gode estimater, samtidig som at man må forstå at endringer i planen som regel vil skje. Sistnevnte handler altså om at man må være forberedt på at det må lages revisjoner av planene i prosjektet underveis. Endringer i prosjekter kan skje av ulike årsaker, som kan deles inn i indre og ytre faktorer. Indre faktorer handler om det som kan styres av prosjektorganisasjonen. For eksempel kan det være at byggherren vil gjøre endringer på tekniske løsninger eller at det har blitt gjort forandringer i prosjekteringen. Ytre faktorer kan for eksempel være geologiske forhold, eller politiske krefter som vil påvirke prosjektet utenfor selve prosjektorganisasjonen. Det må derfor finnes gode metoder og verktøy for å håndtere endringene på en god og effektiv måte. Det understrekes allikevel at desto mer realistisk en plan er, desto mindre endringer vil forhåpentligvis skje i løpet av prosjektperioden. Man sparer dermed tid ved å ha mindre fokus på endringene underveis. Med en god plan fra start, vil endringer underveis kunne håndteres på en bedre måte. Det begrunnes med at man da er forberedt på at endringer kan skje og at man tar høyde for dette i planen med å legge inn for eksempel buffere. Både teorien og resultatene i denne rapporten har vært samstemte om dette.

Gode estimater på både mengder og kapasiteter har blitt nevnt som en forutsetning for å kunne lage en god og realistisk fremdriftsplan. Dette har også mye med kompetanse å gjøre, som har blitt diskutert tidligere. I teorikapittelet ble det skrevet at disse estimatene ofte er usikre, noe som vil føre til endringer i planen. For å få mer sikkerhet i disse estimatene, fortalte den ene funksjonæren på E18 at det kan være lurt å rådføre seg med de som faktisk skal gjøre jobben, fagarbeidere og baser. De kan da estimere hvor lang tid arbeidsoppgavene tar og hvilke kapasiteter de trenger, basert på erfaringstall. Dette er i god tråd med tankegangen i Last Planner System (LPS) under LEAN Construction metodikken, for å skape effektive prosjekt.

## 5.2 Bruken av skråstreksplaner i caseprosjektene

I dette delkapittelet diskuteres den forskjellige bruken av skråstreksplan i caseprosjektene E18 Tvedestrand – Arendal og E39 Kristiansand vest – Mandal øst. Kort oppsummert så ble skråstreksplanen for E18 lagd i TILOS og skråstreksplanen for E39 lagd i Excel. Intervjuene har vist at det ofte har vært tilfeldigheter som har avgjort hvilke digitale programmer som ble benyttet. Det kunne enten være på grunn av personlig erfaring med et verktøy fra tidligere og at man er komfortabel med det, eller kostnader for ulike lisenser. En annen grunn kunne være at man tok over planleggingsjobben fra noen som hadde begynt i et program og at det da var enklest å fortsette i den samme programvaren. Funksjonærene i begge prosjektene var godt fornøyde med bruken av skråstreksplanen i sitt prosjekt, men funksjonærene på E39 så i ettertid at det kunne vært hensiktsmessig og lagd skråstreksplanen i TILOS i første omgang. Dette ble begrunnet med blant annet fordelene i TILOS med å kunne vise planen som både skråstreks- og Gantt-diagram, samt muligheten til å koble aktivitetene sammen i programvaren. Dette skaper mindre arbeid med å lage to planer i ulike verktøy. Samtidig slipper man manuell redigering i Excel etter revideringer, i henhold til diskusjonen om planrevisjoner i forrige underkapittel. Her kunne erfaringsoverføring mellom personer hjulpet entreprenøren, slik at det gunstigste digitale verktøyet hadde blitt brukt fra start.

Når man sammenlikner selve skråstreksplanene i de ulike prosjektene, Figur 24 og Figur 25, så ser de veldig like ut, men det er noen tydelige forskjeller. I Figur 24, skråstreksplanen utarbeidet i TILOS fra E18, ser man veilinja i prosjektet vist som en plantegning på toppen i figuren. Under denne følger et massediagram vist over selve skråstreksdiagrammet med profilnummeret horisontalt og tidsaksen vertikalt på høyre side. Disse aspektene kan man ikke se i Figur 25, skråstreksplanen utarbeidet i Excel på E39. En annen forskjell i planene er detaljeringsgraden, noe som også har kommet fram i selve intervjuene med funksjonærene i prosjektene. Skråstreksplanen på E18 er mer detaljert enn fra E39. I første øyekast kan dette gjøre at planen på E39 ser mer oversiktlig ut enn planen på E18, på grunn av at det er flere streker, da aktiviteter, i hovedplanen til E18 prosjektet. Her kan også fordelene med å vise hvilke borerigger som skulle arbeide på ulike stuffer på E39 trekkes frem, noe som gir en fordel ved å se bruken av denne ressursen i hovedplanen. Det figurene av planene ikke viser, er som nevnt fordelene med planen i TILOS på E18, der aktivitetene er koblet opp mot hverandre. Det gjorde denne planen mer fleksibel enn planen på E39, der endringsarbeidet som fulgte av endringer for en aktivitet, måtte bli gjort manuelt.

### **5.3 Fordeler med å bruke skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt**

Det har blitt vist til stor enighet angående forskningsspørsmålet om fordelene en skråstreksplan gir for anleggsprosjekt. I både teorien oppgitt og resultatene fra intervjuene ble det vist at for repeterende arbeider i lineære prosjekter, som tunnel- og veiprosjekt, er det gunstig å lage en skråstreksplan som hovedplan. Dette ble blant annet begrunnet med at slike arbeider har enn gitt produksjonsrate, noe som gjør at det er enkelt å sette en fremdrift fra et punkt i diagrammet til et annet og slik danne selve skråstreken. Dette gir en god visualiserende effekt for hvor arbeidene skal skje langs en veilinje, til ulike tidspunkt. Samtidig kan denne metoden, med hjelp av digitale hjelpemidler, optimalisere planleggingen av selve anleggsgjennomføringen i prosjektet. Disse to fordelene blir diskutert i egne underkapitler.

#### **5.3.1 Visualiseringseffekt**

Ut ifra teorien og resultatene i denne oppgaven, har en skråstreksplan bedre visualiseringseffekt enn det et Gantt-diagram har. Det handler mest om at man får inn en akse med stedsplassering i tillegg til tidsaksen. Slik kan man enklere se hvor i prosjektet de ulike aktivitetene skal foregå, til enhver tid. Som vist i teorien og i resultatene, kan det legges inn et enkelt plankart over veistrekningen med profilnummer, langs den horisontale aksene i toppen av diagrammet. Enkelheten av å oppdage kollisjoner i skråstreksplanen, ble trukket fram som en annen positiv effekt av dette, da kollisjoner vises som streker i diagrammet som krysses. Fordelen med å se grensesnitt og avhengigheter mellom aktiviteter, ble også nevnt av flere intervjupersoner som et positivt aspekt. Sistnevnte vil ha en god fordel vist som Gantt-diagram med avhengigheter, men i en hovedplan i et prosjekt kan dette bli rotete. Forskere vist til i teorikapittelet, påpekte at den store fordelene med en skråstreksplan er den visuelle enkelheten og de grafiske mulighetene den gir. Slik mente de at alle involverte i prosjektet kan forstå seg lettere på planen, noe resultatene i denne oppgaven har bekreftet. Intervjupersonene fra entreprenøren, rådgiverfirmaet, byggherren og akademien har trekt fram dette aspektet som en stor fordel. På grunn av at en slik plan er enkel å forstå og bruke.

Når det kommer til bruken av skråstreksplaner i ulike faser har flere av intervjuene vist til at det har vært en tydelig fordel å bruke skråstreksplaner for anleggsprosjekt tidlig i prosjektene.

### **5.3.2 Anleggsgjennomføring**

I teorikapitlet ble det skrevet at mye av grunnen til at skråstreksplaner ikke har blitt brukt i noen stor grad i anleggsbransjen, var mangelen på programvare som kan gjøre utregningene automatisk. Som det ble nevnt tidligere, er slik programvare nå tilgjengelig i dagens bransje, for eksempel TILOS. Både teorien og resultatene har vist til høy fleksibilitet i TILOS. Dette har særlig blitt begrunnet med muligheten til å sammenlikne ulike løsninger i prosjektet, og observere endringene som skjer direkte i programvaren. Dette har vist seg meget nyttig både med tanke på inndeling av entrepriser på store prosjekt som FRE16, grensesnitthåndtering, kollisjonskontroll og for å få en optimal anleggsgjennomføring for prosjektene i sin helhet. Sistnevnte handler mye om muligheten for oversiktlige massediagram i programvaren. Slik kan det kan lages hensiktsmessige planer for hvor man skal starte å ta ut masser og hvor disse trengs senere i prosjektet. I store anleggsprosjekt, som caseprosjektene i denne oppgaven, har det vært snakk om store mengder masseflytting og her er det mye penger å spare med tanke på transport og deponering av disse. I tillegg kommer da miljøaspektet inn, der man kan redusere utslippene fra prosjektene med en god plan på masseuttak og transport. Med tanke på optimal anleggsgjennomføring, har bruken av skråstreksplaner i anleggsprosjekt, særlig utarbeidet i TILOS, vist seg å være en godt egnet metode. Dette har blitt begrunnet med at man kan sammenlikne ulike måter å gjennomføre prosjektet på, direkte i programvaren. Samtidig kan man se hvordan endringer i ulike aktiviteter påvirker hverandre og hele prosjektet. Denne fordelene vurderes som meget gunstig, da man potensielt kan spare mye tid og penger på å finne den mest optimale planen for hvordan arbeidet skal utføres.

I caseprosjektene FRE16 og E18 har TILOS blitt brukt som prosessverktøy i møtevirksomhet og planlegging, noe som intervjupersonene i prosjektene har nevnt som noe positivt. De sa at man sparer mye tid med å jobbe på denne måten i møter, da den totale planen oppdateres med en gang man gjør endringer i verktøyet. Det ble også nevnt fordelene av å kunne fordele investeringskostnadene i store prosjekt som FRE16, på en god måte utover i prosjektet med hjelp av denne programvaren. Dette kan medføre at det blir enklere å bevilge penger til prosjektet, siden kostnadene spres utover i prosjektperioden. Slik blir det ikke en avskrekkende sum som må brukes i oppstarten av prosjektet, for byggherren.

### **5.4 utfordringer med å implementere bruken av skråstreksplaner**

I dette delkapitlet blir resultatene omhandlende dette forskningsspørsmålet diskutert. Resultatene har indikert stor enighet blant intervjupersonene, om viktigheten av å få brukerne til å se nytten av metoden, samt utfordringene med programvaren TILOS. Det var for det meste enighet om detaljeringsgraden i skråstreksplaner brukt som hovedplaner, men her var det noen forskjellige meninger, som blir diskutert videre i respektive underkapitler.

### 5.4.1 Brukere

Som det ble nevnt i innledningen vil omstillingsprosesser ha mye å si når nye metoder og verktøy skal benyttes. Det handler da om å få de som blir berørt av endringen i arbeidshverdagen, til å se fordelene som kommer med denne endringen. Brukerne må se at verktøyet eller metoden er til for å gjøre hverdagen deres enklere, ikke vanskeligere. Dette er en stor utfordring, som det ble nevnt i flere av intervjuene.

Brukere på flere nivåer må læres opp til å bruke digitale verktøy for dette og forstå metoden, noe som ikke ble sett på som hensiktsmessig av flere av intervjupersonene. Samtidig ble det nevnt av funksjonærene på E18 at man har lært opp fagarbeidere til å lese modeller på i-padder i stedet for tegninger på ark. Det vil si at hvis det finnes en positiv effekt av å lære opp også baser og fagarbeidere på å jobbe med skråstreksplaner i digitale verktøy, er det fullt mulig. Det handler mye om å synliggjøre de positive effektene med bruk av den nye metoden eller verktøyet for å få til en omstillingsprosess. En måte å få til dette på, er å vise til andre prosjekt der dette har fungert tidligere. Det er derfor viktig å dra lærdom av de prosjektene som bruker eller har brukt skråstreksplaner og digital programvare for å utvikle disse planene. Her er et nøkkelord erfaringsoverføring, som også har vært et poeng i resultatkapittelet. Prosjektorganisasjoner må være flinke til å skape gode rutiner for dette, for at lærdommen fra et prosjekt blir tatt vare på og kan brukes til noe positivt i neste prosjekt også.

Med tanke på hva som bestilles av fremdriftsplaner av byggherren, så kom det fram i intervjuet på E18 prosjektet, at det kan variere stort. I mange tilfeller må byggherren være en pådriver for at nye metoder eller systemer skal bli benyttet av de utførende. Byggherrene har dermed mye makt med tanke på at de kan stille krav til entreprenørene om å levere en skråstreksplan som hovedplan i prosjektene. For at de skal begynne å gjøre det, må de se at metoden gir en fordel i prosjektene og de må ha et ønske om å standardisere bruken av metoden.

### 5.4.2 Detaljnivå

Da det ble diskutert utfordringene rundt detaljeringsnivå i skråstreksplanen, var de fleste intervjupersonene enige om at en skråstreksplan, som hovedplan, ikke skal være for detaljert. Flere fortalte at man alltid må ha mer detaljerte Gantt-diagram i tillegg til denne. Samtidig var det noen som var delvis uenige i dette og mente at detaljplaner for visse arbeider, som tunneldriving, fint kan utarbeides som skråstreksplaner. Et av argumentene til de som mente at skråstreksplanene ikke skal være for detaljerte, gikk på poenget med at hovedplanen fort blir uoversiktlig med for mange detaljer. Det er i og for seg et godt poeng, men det virket som at man glemte bort at man kan dele inn skråstreksplanen for hele prosjektet til mindre deler. Noe som det på en måte allerede har blitt gjort med prosjektplanen i Gantt-diagrammet. Poenget her er altså ikke at hovedplanen, vist som skråstreksplan, for prosjektet skal fylles opp med detaljerte arbeider, men at man viser andre detaljplaner også som skråstreksplaner der det er hensiktsmessig. Uansett er det viktig at det blir bestemt et detaljeringsnivå i hovedplanen, uansett om det brukes skråstreksplan eller Gantt-diagram, slik at de kritiske aktivitetene vises tydelig. Dette ble nevnt i intervjuet med funksjonærene på E39 prosjektet.

Andre aspekt som har blitt nevnt er at det kan være vanskeligere å se avhengighetene eller relasjonene til aktivitetene i en skråstreksplan, sammenliknet med et Gantt-diagram vist med relasjoner. Her burde det også kunne gå an å vise relasjonene med for eksempel piler i skråstreksplanen. Det bør i så fall påsees at disse ikke kan mistolkes som egne aktiviteter, samtidig som at planen kan fort bli rotete, noe som tidligere har vært et poeng. Det kom blant annet fram fra både intervjuer og observasjonen at skråstreksplaner ikke egner seg så godt til detaljplanlegging av mindre arbeider i et prosjekt. Til detaljplaner ned på ukenivå som blir brukt av fagarbeidere og baser, var det enighet om at for slike planer er det mer hensiktsmessig å bruke Gantt-diagram. Det ble vist til ulike årsaker til dette. Når det er snakk om slike arbeider, kan disse mer eller mindre foregå på et sted, over et satt tidsrom. I en skråstreksplan vil dette da bare vises med en vertikal strek ned fra et profilnummer og effekten med skråstreksplanen og visning av tid og sted forsvinner. Dette gjelder særlig for aktiviteter som faktisk er låst til et fast sted, som arbeid med portalbygging eller teknisk bygg i tunnel. Et annet argument, som ble brukt i større grad, for å bruke Gantt-diagram til detaljplaner, var brukernivået og hva personellet som arbeider med disse, fagarbeidere og baser, er kjent med av metoder fra før av. Dette poenget er diskutert i underkapittelet over med tanke på utfordringene til brukerne.

### 5.4.3 Programvaren TILOS

I dette underkapittelet blir ulempene med TILOS diskutert videre. For det første skal brukervennligheten diskuteres. Det har tidligere i dette delkapittelet blitt diskutert viktigheten av fokuset mot brukerne av metodene og programvaren som blir brukt. Det kom frem av intervjuene at TILOS bør kunne tilpasses ulike brukernivåer, eller vanskelighetsgrader. Sagt på en annen måte så kan ulike funksjoner i programvaren være vanskelig å bruke og Trimble bør derfor se etter en bedre løsning med tanke på dette.

Det kunne være problematisk med noen parameterjusteringer og lagstyring i TILOS, ble det sagt i et intervju. Aspekter som dette påvirker fort nye brukere, da de kan synes at programmet er uoversiktlig og vanskelig å lære seg. Dette er gjerne noe som gjør at brukerne heller bruker programvare man er kjent med tidligere. Enkle brukerfunksjoner, gode maler og god opplæring er derfor viktig for å få flere til å begynne å bruke slike digitale programmer. I det lengre løp vil man dermed kunne spare tid, samtidig som det blir skapt entydige planer som brukerne har sett før, hvis man klarer å lage et godt system for dette.

Neste utfordring med TILOS gjaldt integrasjonsløsningene med annen programvare. Det ble nevnt at konverteringen av skråstreksplanen fra TILOS til MS Project ikke var helt fungerende. Videre ble det nevnt at det burde være en enklere funksjon for å overføre massene i Novapoint, over til TILOS. Dette vil skape mer effektive arbeidsprosesser og minke manuelt arbeid med overføring og utregning av slike parameter som allerede ligger digitalt. Under observasjonen ble det sagt at koblingen mellom Novapoint og TILOS burde være bedre koblet opp mot hverandre, slik at anleggsoppfølgingen skulle gå lettere.

Med tanke på anleggsoppfølging i TILOS ønsket en funksjonær seg en bedre måte å vise faktisk fremdrift på, i skråstreksplanen i dette programmet. Den mulige løsningen som ble diskutert under dette intervjuet gikk på å ha en lik måte å gjøre dette på som MS Project har.



Etter intervjuet gjorde forfatteren selv et forsøk i TILOS for å se om dette faktisk lot seg gjøre, men uten hell. Dette kan da sees på som et tegn til at programvaren har forbedringspotensial angående dette punktet også. Entreprenørene som deltok i observasjonen hadde et ønske om en samhandling mellom programvaren Gemini Terreng og TILOS. Dette for å kunne digitalisere og automatisere anleggsoppfølging underveis i prosjekt. En slik løsning kunne bli linket til Trimble sin Quadri løsning, der stikningsdata som skapes på anlegget blir sendt direkte til fremdriftsplanen for å vise utført arbeid. Hadde man fått til dette ville det spart mye manuelt arbeid, samtidig som at planen vil holde seg oppdatert med faktisk fremdrift til enhver tid. Med tanke på slike integrasjonsløsninger mellom de ulike programmene, for å skape en effektiv planleggings- og oppfølgingsprosess, er det fortsatt stort potensiale. Her ser man av observasjonen at bransjen må gå sammen for å dele meninger og erfaringer, for å skape gode hjelpemidler til fremdriftsplanlegging og oppfølging av prosjekter. Noe bransjen allerede er i gang med, siden slike møter finner sted og aktørene kommer med forslag for å kunne videreutvikle slike løsninger. Dette er positive tegn på at de ulike aktørene i dagens anleggsbransje ønsker å bli bedre, ved å følge den digitale utviklingen i dagens samfunn og bevege seg i positiv retning.

## 5.5 Effekten av planleggingsarbeidet på E18

Som det ble nevnt i resultatkapittelet skulle denne veistrekningen bli åpnet tre og en halv måned tidligere enn først planlagt. Både entreprenørene og rådgiveren fra Nye Veier som ble intervjuet i prosjektet, påpekte at dette uten tvil hadde med god planlegging å gjøre. Det ble trukket fram at bruken av skråstreksplanen tidlig i prosjektet hjalp til med å få en optimal anleggsgjennomføring og skape en god plan for hele prosjektet. Dette er i god tråd med oppgavens teorikapittel som trekker fram at god planlegging er kritisk for å få et vellykket prosjekt. Rådgiveren fra Nye Veier ga mye ros til entreprenøren for flere andre forhold også. For eksempel at AF Gruppen har hatt et godt fokus på masselogistikk, ressursstyring, at de har startet med testing tidlig og ikke minst deres evne til å holde planen som var lagt.

Andre forhold som kan ha ført til tidligere åpning, men som ikke kom frem under intervjuene, var mulige insentiver fra byggherren og et godt samarbeid mellom aktørene i prosjektet. Forfatteren kjenner ikke til forholdene i kontrakten mellom byggherre og totalentreprenør, men i slike prosjekt vil det ofte være insentiver om ekstra betaling for å oppnå ulike mål i prosjektet. Et av disse målene kan være tidligere åpning, noe som fører til økt samfunnsnytte med tanke på reisetid og tryggere trafikk i området. I en artikkel om prosjektet på bygg.no ble det skrevet at det har vært et veldig godt samarbeid mellom partene, noe som har gjort det mulig å fremskynde planen og åpne veistrekningen tidligere. Dette bekrefter både antagelsen om et godt samarbeid i prosjektet og at teorien har stemt, med tanke på at et godt samarbeid er viktig for å få et vellykket prosjekt.

### 5.5.1 Sammenlikning av S-kurve fra teori med S-kurven til E18

Her følger en sammenlikning av S-kurven fra teorikapittelet i Figur 3, med S-kurven fra caseprosjektet E18 Tvedestrand – Arendal i Figur 21. Som man kan se av figurene, så har kurven for virkelig fremdrift i E18 prosjektet ikke den typiske S-formen som kurven i Figur 3 viste, særlig første halvdel av grafen.

Det fremkom i intervjuet med en person fra byggherre i dette prosjektet at det var fokus på å få en god start på prosjektet, noe som både var planlagt og ble gjennomført. Dette forklarer hvorfor kurvene i Figur 21 har en brattere start enn kurvene vist til i teorikapittelet. Ser man senere i sluttperioden av prosjektene får man derimot en mer lik form på kurvene i begge figurene, der faktisk fremdrift ligger foran planen. Den store forskjellen i figurene er at differansen mellom faktisk fremdrift og planlagt fremdrift er mye mindre i s-kurven til totalentreprenøren i E18 prosjektet, enn i eksempelet som er vist til i teorikapittelet. Dette er et tegn på at prosjektet E18 har klart å holde seg veldig bra på planen og det kan tyde på at det er blitt lagt en veldig god og realistisk plan i dette prosjektet.

## 6 Konklusjon

I dette kapittelet blir diskusjonskapittelet oppsummert og det forsøkes å svare på oppgavens problemstilling: Hva er effekten av å bruke skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt? Det fokuserer her også på oppgavens forskningsspørsmål.

Teorien fra litteraturen og resultatene i denne oppgaven har for det meste vært godt samstemt. Det ble blant annet vist til at skråstreksplaner og TILOS egner seg godt til planlegging av lineære anleggsprosjekt. Særlig de som inkluderer repeterende aktiviteter, der tunneldrift er et godt eksempel. Dette er et positivt tegn på at teorien om temaet stemmer overens med det som foregår i praksis på prosjektene. Det har allikevel vært noen små forskjeller, som for eksempel S-kurven fra teorien sammenliknet med S-kurven på E18 prosjektet. Det er viktig å poengtere det som ble nevnt i metodekapittelet om at caseprosjekter ikke skal være generaliserbare. Det vil si at selv om S-kurven fra dette prosjektet så slik ut, kan det hende at liknende prosjekter vil ha en kurve som er mer lik den fra teorien. Det hadde derfor vært fordelaktig for oppgaven å kunne sett på S-kurven fra det andre caseprosjektet, E39 Kristiansand vest – Mandal øst. Dette prosjektet var i oppstartfasen da rapporten ble skrevet, så det lot seg ikke gjøre.

Intervjupersonene i oppgaven var samstemte med tanke på at kompetanse, gode estimater og effektiv bruk av planrevisjoner er viktige forutsetninger for å skape en realistisk fremdriftsplan, uavhengig av metode. Under casestudiene av FRE16, E18 og E39 ble det funnet at bruken av skråstreksplaner og digitale verktøy varierte noe. FRE16 og E18 har utarbeidet skråstreksplanen i TILOS, men på E39 prosjektet ble den utarbeidet i Excel. FRE16 var fortsatt i tidligfase da denne oppgaven ble skrevet. I dette gigantprosjektet ble skråstreksplanen brukt til å planlegge en optimal anleggsgjennomføring, dele inn entreprisene og skape en realistisk og visuell hovedplan. På både E18 og E39 ble skråstreksplanen utarbeidet til anbudsgrunnlaget som en hovedplan for prosjektene, med en tilhørende prosjektplan utarbeidet i MS Project. Disse prosjektene brukte skråstreksplanen som diskusjonsgrunnlag i møter og for å visualisere anleggsgjennomføringen til de ulike aktørene. Noe som har vist seg å være store fordeler med denne typen planer. I diskusjonen ble det vist til at skråstreksplanen på E18 lagd i TILOS, var mer dynamisk for endringer underveis enn planen lagd i Excel. På E39 krevde det mer manuelt arbeid i selve planen etter endringer. Det ble også vist til at TILOS har mange nyttige funksjoner som massediagram, ressursstyring, konvertering til andre program og oppfølging av faktisk fremdrift. Her indikerte resultatene at programvaren har forbedringspotensial for at disse funksjonene skal fungere bedre og bli lettere å bruke for ulike brukernivåer.

Opgaven har vist til at det finnes i dag gode løsninger for digital fremdriftsplanlegging av typen skråstreksplaner, men de fungerer ikke alltid like optimalt og de har forbedringspotensial. Bruken av digitale verktøy for fremdriftsplanlegging varierer og resultatene i denne oppgaven har vist til at personlig erfaring har en del å si for hvilken programvare som har blitt anvendt i de ulike prosjektene.

Fordelene med å bruke skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt har i denne oppgaven blitt oppsummert til å gjelde den gode visualiseringseffekten denne typen planer gir. Samtidig kan de brukes for å skape en optimal anleggsgjennomføring for slike prosjekter. Dette gjaldt både for bruken av planen i møtevirksomhet i tidligfase, men også til bruk ute på anleggene under selve byggingen. Med tanke på anleggsgjennomføring, gjaldt dette særlig der planen ble lagd i TILOS. Da kunne ulike planer for selve byggingen sammenliknes, for å velge den beste planen.

Når det kommer til utfordringene med å implementere bruken av skråstreksplaner og TILOS i norske anleggsprosjekt, har resultatene vist til brukeraspektet og detaljnivå i planene. Som det ble nevnt i innledningen, er det en type omstillingsprosess å ta i bruk nye metoder for fremdriftsplanlegging i bransjen. Som en utfordring til dette har det fremkommet at det er viktig at brukerne i prosjektene blir ivaretatt og hørt på, slik at metoden blir benyttet på en god måte. Det ble diskutert byggherrene sin mulighet til å påvirke bruken av skråstreksplaner. Det kan de gjøre med å bestille disse som hovedplaner i anleggsprosjekt og samtidig være med på å standardisere bruken. Med tanke på detaljeringsgrad har resultatene vist til viktigheten av at hovedplanene i store prosjekt bør være oversiktlige og ikke fylt med for mange detaljer. Dette ble oftest løst med ulike detaljnivåer i planene for ulike nivåer og faser av prosjektet. Her var det noe uenighet mellom det som ble registrert under observasjonen og intervjupersonene. Noen mente at en skråstreksplan også kan brukes til mer detaljerte planer, andre var uenige i dette. Anleggsbransjen har et rykte på seg for å være gammeldags og tradisjonell, men av resultatene i denne oppgaven kan det indikeres at det finnes personer som ser fremover og er åpne for å ta i bruk nye løsninger og metoder.

Med tanke på metodebruken i oppgaven har det vist seg å være gunstig å intervju fagkyndige personer med god kunnskap om temaet, fra ulike perspektiver og sammenlikne meningene. Fra både observasjonen og intervjuet, har forfatteren opplevd stor interesse i bransjen for temaet skråstreksplaner i anleggsprosjekt og digitale planleggingsverktøy. Samtidig har det vært spennende å se på bruken av skråstreksplanene i de tre caseprosjektene.

Litteraturstudien har vist at det finnes mye forskning og litteratur om temaet fremdriftsplanlegging, men det er mer begrenset når det kommer til 4D BIM, skråstreksplaner og digital fremdriftsplanlegging. Retter man disse temaene mot anleggs- eller tunneldrift blir litteraturen meget begrenset. Dette, kombinert med tilbakemeldinger fra flere hold i bransjen, kan være tegn på at det må forskes mer innenfor dette temaet. Kombinasjonen av disse forskningsmetodene, har vist seg å fungere godt i oppgaven. Det kunne med fordel også blitt brukt kvantitative metoder for å styrke metodetrianguleringen og for å kunne få mer kvantifiserbare resultater.

## 7 Anbefalinger til videre arbeid

Her følger forslag til videre arbeid, til de som har et ønske om å forske mer på dette temaet.

Under oppstarten av masteroppgaven var det et ønske om å kunne lære seg programvaren TILOS og utarbeide en skråstreksplan for et passende caseprosjekt, som brukte Gantt-diagram. Dette for å kunne erfare hvordan programvaren fungerte selv, men også for å kunne sammenlikne de to ulike metodene for samme prosjekt. Da det ble vanskelig å finne et egnet prosjekt til dette, ble det bestemt at bruken av skråstreksplanene i rapportens caseprosjekt skulle sammenliknes.

Forslaget til videre arbeid er altså å få tilgang til en programvare som produserer skråstreksplaner, for eksempel TILOS, og gjennomføre en sammenlikning som beskrevet over. En annen anbefaling til videre arbeid er å kunne se videre på bruken av skråstreksplaner i byggefase og med fokus på oppfølging av selve arbeidet. Det nevnes muligheten til å se på en mulig kobling mellom stikningsdataen fra anlegget direkte til planen, for å skape en effektiv og reel fremdriftsoppfølging underveis i prosjektet. Det kan også anbefales å produsere en oppgave som har mer fokus på kvantifiserbare resultater som tidsbesparelse og økonomi, med bruken av skråstreksplaner og digital programvare for metoden. Dette vil kunne avdekke aspekter ved metoden som kan føre til at flere aktører ser fordelene eller ulempene med bruken av denne i norske anleggsprosjekt.

## Referanseliste

- AF Gruppen, n.d.a. E18 Tvedestrand - Arendal [WWW Document]. AF Gr. URL <https://afgruppen.no/prosjekter/anlegg/e18-tvedestrand---arendal/>
- AF Gruppen, n.d.b. E39 Kristiansand vest - Mandal Øst [WWW Document]. AF Gr. URL <https://afgruppen.no/prosjekter/anlegg/e39-kristiansand-vest---mandal-ost/>
- Andersen, L., 2016. Organisering av komplekse prosesser: vitenskapsteoretiske og filosofiske forutsetninger. Fagbokforlaget, Bergen.
- Baldwin, A., Bordoli, D., 2014. Handbook for Construction Planning and Scheduling. Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118838167>
- Botnen, L.K., 2016. Ringeriksbanen og E16 - fellesprosjektet [WWW Document]. Bane NOR. URL <https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/ringeriksbanenoge16/om-prosjektet/> (accessed 3.11.19).
- Byggeindustrien, 2018. NFF vil samkjøre digitaliseringsprosesser – oppretter DigiTUN [WWW Document]. Bygg.no. URL [www.bygg.no/article/1348695](http://www.bygg.no/article/1348695) (accessed 10.9.18).
- Chao, L.-C., Chien, C.-F., 2010. A Model for Updating Project S-curve by Using Neural Networks and Matching Progress. *Autom. Constr.* 19, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.09.006>
- Costin, A., Adibfar, A., Hu, H., Chen, S.S., 2018. Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations. *Autom. Constr.* 94, 257–281. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.001>
- Dalland, O., 2017. Metode og oppgaveskriving, 6. utg. ed. Gyldendal akademisk, Oslo.
- Duffy, G.A., Oberlender, G.D., Jeong, D.H.S., 2011. Linear Scheduling Model with Varying Production Rates. *J. Constr. Eng. Manag.* 137, 574–582. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000320](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000320)
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K., 2008. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Wiley Publishing.
- Eylertsen, J., Øygarden, L., Pedersen, F.E., 2017. Optimalisering av taktfast produksjon i byggeprosjekter (Bacheloroppgave). NTNU, Trondheim.
- Fløisbonn, H.W., Markussen, B., Skeie, G., Sunesen, S., Uppstad, B., n.d. MMI-Modell Modenhets Indeks.
- Frandsen, A., Berghede, K., Tommelein, I.D., 2013. Takt time planning for construction of exterior cladding, in: 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013. pp. 464–473.

Haghsheno, S., Binninger, M., Dlouhy, J., Sterlike, S., 2016. History and theoretical foundations of takt planning and Takt control, in: IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. pp. 53–62.

Halleraker, S., 2014. Fremdriftsplanlegging i bygge- og anleggsproduksjon: Et kompendium for emnet TBA4130 Produksjonsteknikk i BA-prosjekt (Masteroppgave/Kompendium). NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport: Bygg- og miljøteknikk, Trondheim.

Kalsaas, B.T., 2017. Lean construction : forstå og forbedre prosjektbasert produksjon. Fagbokforlaget, Bergen.

Kerzner, H., 2017. Project management : a systems approach to planning, scheduling, and controlling, Twelfth edition. ed. Hoboken, New Jersey.

Kjeldstad, T., 2018. Forenkler arbeidsflyten - ISY Prosjekt Plan [WWW Document]. Norconsult Informasjonssystemer. URL [www.bygg.no/article/1348695](http://www.bygg.no/article/1348695) (accessed 3.18.19).

Klagegg, O.J., 2017. Governance and Project Delivery Models.

Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2014. Digitalisering i offentlig sektor [WWW Document]. Regjeringen.no. URL <https://www.regjeringen.no/no/tema/statlig-forvaltning/ikt-politikk/digitaliseringen-i-offentlig-sektor/id2340245/> (accessed 9.10.18).

Kunz, J., Fischer, M., 2012. Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. Stanf. Univ. CIFE, 14.

Lenk, P., 2018. TILOS time – location planning for linear projects.

Microsoft, 2018. Project - Resource Management [WWW Document]. Microsoft. URL <https://products.office.com/en-US/project/resource-management> (accessed 12.9.18).

National Institute of Building Sciences, 2018. What is a BIM? [WWW Document]. Natl. BIM Stand.-U. S. URL <http://www.nationalbimstandard.org/faqs> (accessed 4.12.18).

Norconsult AS, 2018. TILOS skråstreksplaner [Presentasjon].

Norconsult AS, 2016. Norconsult, Asplan Viak og Aas-Jakobsen signerte kontrakt for Ringeriksbanen og E16 Skaret-Hønefoss [WWW Document]. Norconsult AS. URL <https://www.norconsult.no/aktuelt/pressemeldinger/norconsult-asplan-viak-og-aas-jakobsen-signerte-kontrakt-for-ringeriksbanen-og-e16-skaret-honefoss/> (accessed 3.13.19).

Norconsult AS, n.d. VDC [WWW Document]. Norconsult AS. URL <https://www.norconsult.no/kompetanse/fag-og-tjenester/vdc/> (accessed 3.19.19).

Nye Veier AS, n.d.a. E18 Tvedestrand-Arendal [WWW Document]. Nye Veier. URL <https://www.nyeveier.no/prosjekter/e18-soeroest/e18-tvedestrand-arendal/>

Nye Veier AS, n.d.b. E39 Kristiansand vest – Mandal øst [WWW Document]. Nye Veier. URL <https://www.nyeveier.no/prosjekter/e39-soervest/e39-kristiansand-vest-mandal-oest>

Olsson, N., 2011. Praktisk rapportskrivning. Tapir akademisk, Trondheim.

PMI, 2013. A Guide to the project management body of knowledge : (PMBOK guide), 5th ed. ed. Project Management Institute, Newtown Square, Pa.

Project Management Institute, 2008. A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Fourth. ed.

ReadingCraze.com, 2015. What is Reliability and Validity in Research [WWW Document]. Read. Craze. URL <http://readingcraze.com/index.php/reliability-validity-research/> (accessed 3.12.18).

Rolstadås, A., 2011. Praktisk prosjektstyring, 5. utg. ed. Tapir akademisk forlag, Trondheim.

Saint-Gobain, n.d. Commitment to BIM [WWW Document]. St.-Gobain. URL <https://www.saint-gobain.com/en/bim-saint-gobain/commitment-bim> (accessed 4.12.18).

Samset, K., 2014. Prosjekt i tidligfasen : valg av konsept, 2. utg. ed. Fagbokforlaget, Bergen.

Siami-Irdemoosa, E., Dindarloo, S.R., Sharifzadeh, M., 2015. Work breakdown structure (WBS) development for underground construction. Autom. Constr. 58, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.07.016>

SSOE, 2015. What is VDC? [WWW Document]. SSOE. URL <https://www.ssoe.com/vdc-blog-post-test/> (accessed 4.26.19).

Staub-French, S., Russell, A., Tran, N., 2008. Linear scheduling and 4D visualization. J. Comput. Civ. Eng. 22, 192–205. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2008\)22:3\(192\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2008)22:3(192))

Svingheim, N., 2016. Traseen for Ringeriksbanen og E16 besluttet [WWW Document]. Bane NOR. URL <https://www.banenor.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2016/traseen-for-ringeriksbanen-og-e16-besluttet/> (accessed 3.13.19).

Tang, Y., Liu, R., Sun, Q., 2014. Schedule control model for linear projects based on linear scheduling method and constraint programming. Autom. Constr. 37, 22–37. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.09.008>

Taylor, B., 2013. Case study research, in: Qualitative Research in the Health Sciences: Methodologies, Methods and Processes. Taylor and Francis, pp. 116–133.

Thalberg, S., 2018. Kildekritikk [WWW Document]. Medielabben. URL <https://www.medielabben.no/artikkel/70291?selectedVideoId=184045> (accessed 1.10.18).

Trimble, 2018a. Kontroll på Ringeriksbanen og E16 [WWW Document]. Civ. Eng. Constr. URL <https://www.novapoint.com/kontroll-pa-ringeriksbanen-og-e16> (accessed 9.17.18).

Trimble, 2018b. Company History [WWW Document]. Trimble. URL [https://www.trimble.com/Corporate/About\\_History.aspx](https://www.trimble.com/Corporate/About_History.aspx) (accessed 2.12.18).

Trimble, 2016b. Trimble TILOS - Plan with Confidence. Brochure.

Trimble, 2016a. Trimble - Design and Construct with Confidence. Brochure.



Tulke, J., Hanff, J., 2007. 4D construction sequence planning – new process and data model, in: Proceedings of CIB-W78 24 Th. Presented at the International Conference on Information Technology in Construction, pp. 79–84.

Ulvestad, L.L., 2014. Slik kan du bruke Excel-ark til «alt» [WWW Document]. TU. URL <https://www.tu.no/artikler/slik-kan-du-bruke-excel-ark-til-alt/230542> (accessed 8.12.18).

Visually, 2014. Ensuring Profitability with BIM For Construction Cost Estimation [WWW Document]. Visually. URL <https://visual.ly/community/infographic/business/ensuring-profitability-bim-construction-cost-estimation> (accessed 4.12.18).

Wang, S.-H., Wang, W.-C., Hsu, P.-Y., Chen, C.-H., Wang, K.-C., 2016. Establishing engineering S-curves to evaluate supervision engineer allocations for highway construction projects. *J. Civ. Eng. Manag.* 22, 890–902. <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.928363>

# Vedlegg 1

## Intervjuguide totalentreprenør, E18

**Firma:** AF Gruppen

**Stilling:** Funksjonær

**Prosjekt:** E18 Tvedestrand - Arendal

**Dato og sted:** 23.04.2019, Arendal

---

### Informasjon om oppgaven:

Masteroppgave på NTNU med intern veileder Pål Drevland Jakobsen v. institutt for bygg og miljøteknikk. Temaet er skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt og digital fremdriftsplanlegging.

Intervjupersonen kan velge å fremstå anonym. Informasjon om taushetsplikt for informasjon som skulle fremkomme utenfor det som det spørres om. Samtalen lagres lokalt på min mobil via funksjonen taleopptak hvis det er greit. Det er kun jeg som skal transkribere dette ned til et referat, hvor deler av dette brukes i oppgavens resultatkapittel. Referatet blir ikke i sin helhet lagt ved oppgaven.

### Informert samtykke:

---

Signert intervjuperson, informasjonen gitt ovenfor er forstått

---

**Kan du kort beskrive dine arbeidsoppgaver i prosjektet E18 Tvedestrand - Arendal?**

**Hvilke erfaringer har du fra tidligere prosjekt med tanke på fremdriftsplanlegging, skråstreksplaner og TILOS?**

**Hvilke forutsetninger mener du ligger til grunn for å skape en god fremdriftsplan?**

**AF Gruppen har utarbeidet en skråstreksplan i verktøyet TILOS i dette prosjektet.**

**Kan du fortelle i korte trekk hvordan denne ble utarbeidet?**

**I hvilken grad er denne planen brukt av dere som totalentreprenør og hvordan opplevde du å arbeide med denne?**

**Har dere som totalentreprenøren brukt noen andre digitale verktøy og andre typer planer i tillegg?**

**Hvorfor valgte AF Gruppen å bruke TILOS i dette prosjektet?**

**Hvilke fordeler ser du med tanke på bruken av skråstreksplaner og programvaren TILOS, sammenliknet med mer tradisjonelle Gantt-diagram og digitale verktøy for å lage disse?**

**Hva vil du si er de største utfordringene med å implementere skråstreksplaner i større grad i norske anleggsprosjekt?**

**Strekningen ligger nå an til å åpne hele tre måneder tidligere enn planlagt. Hvorfor klarer dere det og har det noen sammenheng med planleggingen av prosjektet tror du?**

**Med tanke på tunneldrivingen? Høyere eller lavere inndrift pr. uke enn antatt?**

**Var det planlagt noen buffere i planen?**

**Ble det brukt samtidig prosjektering, Integrated Concurrent Engineering eller VDC i dette prosjektet i sammenheng med fremdriftsplanleggingen?**

**Tillegg/kommentarer:**

## Vedlegg 2

### Intervjuguide byggherre, E18

**Firma:** Nye Veier AS

**Stilling:** Funksjonær

**Prosjekt:** E18 Tvedestrand - Arendal

**Dato og sted:** 28.02.2019, Skype-møte

---

#### Informasjon om oppgaven:

Masteroppgave på NTNU med intern veileder Pål Drevland Jakobsen v. institutt for bygg og miljøteknikk. Temaet er skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt og digital fremdriftsplanlegging.

Intervjupersonen kan velge å fremstå anonym. Informasjon om taushetsplikt for informasjon som skulle fremkomme utenfor det som det spørres om. Samtalen lagres lokalt på min pc via funksjonen opptak av samtale fra Skype for Business. Det er kun jeg som skal transkribere dette ned til et dokument som legges ved masteroppgaven.

#### Informert samtykke:

\_\_\_\_\_

Signert intervjuperson, informasjonen gitt ovenfor er forstått

---

**Kan du kort beskrive dine arbeidsoppgaver i prosjektet E18 Tvedestrand - Arendal?**

**Er det vanligvis slik du arbeider i et prosjekt, eller er det noe nytt med dette prosjektet?**

**Hva ble bestilt av dere som byggherre i dette prosjektet med tanke på fremdriftsplaner og modeller?**

**Hvilke rammer eller begrensninger har dere satt til totalentreprenøren?**

**AF Gruppen har utarbeidet en skråstreksplan i verktøyet TILOS i dette prosjektet.**

**I hvilken grad er denne planen brukt og hvordan opplevde du å arbeide med denne?**

**Har totalentreprenøren brukt noen andre digitale verktøy og andre typer planer i tillegg?**

**Vet du hvorfor AF Gruppen valgte å bruke TILOS i dette prosjektet?**

**Strekningen ligger nå an til å åpne hele tre måneder tidligere enn planlagt. Hvorfor klarer dere det og har det noen sammenheng med planleggingen av prosjektet?**

**Hvordan har faktisk fremdrift vært, sammenliknet med fremdriftsplanen, i dette prosjektet?**

**Med tanke på tunneldrivingen? Høyere eller lavere inndrift pr. uke enn antatt?**

**Var det planlagt noen buffere i planen?**

**Hvilke erfaringer har du fra tidligere prosjekt med tanke på fremdriftsplanlegging, skråstreksplaner og TILOS?**

**Hvilke fordeler og ulemper ser du med tanke på bruken av skråstreksplaner og programvaren TILOS, sammenliknet med mer tradisjonelle Gantt-diagram og digitale verktøy for å lage disse?**

**Ser du noen andre ulemper med skråstreksplaner i anleggsprosjekt?**

**Hva tror du er mest kostnadseffektivt sett i prosjekters helhet?**

**Hva vil du si er de største utfordringene med å implementere skråstreksplaner i større grad i norske anleggsprosjekt?**

**Ble det brukt samtidig prosjektering, Integrated Concurrent Engineering eller VDC i dette prosjektet?**

**Hvilke forutsetninger mener du ligger til grunn for å skape en god fremdriftsplan?**

**Tillegg/kommentarer:**

## Vedlegg 3

### Intervjuguide rådgiver, E39

**Firma:** Norconsult AS

**Stilling:** Rådgiver

**Prosjekt:** E39 Kristiansand vest – Mandal øst

**Dato og sted:** 18.02.2019, Skype-møte

---

#### **Informasjon om oppgaven:**

Masteroppgave på NTNU med intern veileder Pål Drevland Jakobsen v. institutt for bygg og miljøteknikk. Temaet er skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt og digital fremdriftsplanlegging.

Intervjupersonen kan velge å fremstå anonym. Informasjon om taushetsplikt for informasjon som skulle fremkomme utenfor det som det spørres om. Samtalen lagres lokalt på min pc via funksjonen opptak av samtale fra Skype for Business. Det er kun jeg som skal transkribere dette ned til et dokument som legges ved masteroppgaven.

#### **Informert samtykke:**

\_\_\_\_\_

Signert intervjuperson, informasjonen gitt ovenfor er forstått

---

**Kan du beskrive dine arbeidsoppgaver i prosjektet E39 Kristiansand vest – Mandal øst?**

**Hvordan foregår tilbakeplanleggingsmøtene?**

**Hvilke grunnlag har du for å produsere fremdriftsplanen for prosjekteringen?**

**Hvilke digitale verktøy har AF Gruppen brukt for utførelsesfasen?**

**Er det vanligvis slik man lager en fremdriftsplan for prosjekteringen, eller er det noe nytt med dette prosjektet?**

**Hvilke digitale verktøy har du brukt i forbindelse med fremdriftsplanleggingen?**

**Hvilke rammer eller begrensninger jobber du innenfor, tidsmessig/milepæler og hvem har satt disse?**

**Brukes det samtidig prosjektering eller Integrated Concurrent Engineering i dette prosjektet?**

**Hvordan foregår informasjonsdelingen av planer og hvordan oppdateres dette?**

**Hvordan blir de utførende påvirket av planene for prosjekteringen?**

**Hvilke forutsetninger mener du ligger til grunn for å skape en god fremdriftsplan i tidlig fase?**

**Hvilke erfaringer har du med skråstreksplaner og TILOS?**

**Ser du noen fordeler/ulemper med bruk av skråstreksplaner og programvaren TILOS, sammenliknet med mer tradisjonelle verktøy som skaper Gantt-diagram?**

**Vet du hvorfor de ikke bruker TILOS i dette prosjektet?**

**Hva vil du si er de største utfordringene med å implementere skråstreksplaner i større grad i norske anleggsprosjekt?**

**Har du noen tanker om hvordan fremdriftsplanlegging for prosjekterende og utførende kan bli bedre? Personelloplæring, software eller metodeutvikling?**

**Tillegg/kommentarer:**

## Vedlegg 4

### Intervjuguide totalentreprenør, E39

**Firma:** AF Gruppen

**Stilling:** Funksjonær

**Prosjekt:** E39 Kristiansand vest – Mandal øst

**Dato og sted:** 24.04.2019, Kristiansand

---

#### **Informasjon om oppgaven:**

Masteroppgave på NTNU med intern veileder Pål Drevland Jakobsen v. institutt for bygg og miljøteknikk. Temaet er skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt og digital fremdriftsplanlegging.

Intervjupersonen kan velge å fremstå anonym. Informasjon om taushetsplikt for informasjon som skulle fremkomme utenfor det som det spørres om. Samtalen lagres lokalt på min mobil via funksjonen taleopptak hvis det er greit for deg. Det er kun jeg som skal transkribere dette ned til et referat, hvor deler av dette brukes i oppgavens resultatkapittel. Referatet blir ikke i sin helhet lagt ved oppgaven.

#### **Informert samtykke:**

\_\_\_\_\_

Signert intervjuperson, informasjonen gitt ovenfor er forstått

---

**Kan du kort beskrive dine arbeidsoppgaver i prosjektet E39 Kristiansand vest – Mandal øst?**

**Hvilke erfaringer har du fra tidligere prosjekt med tanke på fremdriftsplanlegging og skråstreksplaner?**

**Hvilke forutsetninger mener du ligger til grunn for å skape en god fremdriftsplan?**

**AF Gruppen har utarbeidet en skråstreksplan i dette prosjektet.**

**Kan du fortelle i korte trekk hvordan denne ble utarbeidet?**

**I hvilken grad brukes denne planen i prosjektet og hvordan opplever du å arbeide med denne?**

**Kan du fortelle litt om de digitale verktøyene dere har brukt for å utarbeide planene og hvorfor dere har valgt å ikke bruke TILOS?**

**Hvilke fordeler ser du med tanke på bruken av skråstreksplaner, sammenliknet med mer tradisjonelle Gantt-diagram?**

**Hva vil du si er de største utfordringene med å implementere skråstreksplaner i større grad i norske anleggsprosjekt?**



**Ble det brukt samtidig prosjektering, Integrated Concurrent Engineering eller VDC i dette prosjektet i sammenheng med fremdriftsplanleggingen?**

**Tillegg/kommentarer:**

# Vedlegg 5

## Intervjuguide akademia

**Firma:** NTNU

**Stilling:** Professor ved institutt for bygg- og miljøteknikk

**Prosjekt:** Uspesifisert

**Dato og sted:** 05.04.2019, NTNU Trondheim

---

### Informasjon om oppgaven:

Masteroppgave på NTNU med intern veileder Pål Drevland Jakobsen v. institutt for bygg og miljøteknikk. Temaet er skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt og digital fremdriftsplanlegging.

Intervjupersonen kan velge å fremstå anonym. Informasjon om taushetsplikt for informasjon som skulle fremkomme utenfor det som det spørres om. Samtalen lagres lokalt på min pc via taleopptak. Det er kun jeg som skal transkribere dette ned til et referat, hvor deler av dette brukes i oppgavens resultatkapittel. Referatet blir ikke i sin helhet lagt ved oppgaven.

### Informert samtykke:

\_\_\_\_\_

Signert intervjuperson, informasjonen gitt ovenfor er forstått

---

**Hvilke erfaringer har du tanke på bruken av skråstreksplaner i fremdriftsplanlegging?**

**Hvilke forskjeller tror du det er å bruke skråstreksplaner eller Line of Balance i byggeprosjekt sammenliknet med anleggsprosjekt?**

**Hvilke fordeler ser du med tanke på bruken av skråstreksplaner, sammenliknet med mer tradisjonelle Gantt-diagram i anleggsprosjekt?**

**Med tanke på ulike faser?**

**Ser du noen ulemper med bruk av skråstreksplaner i anleggsprosjekt?**

**Hva vil du si er de største utfordringene med å implementere skråstreksplaner i større grad i norske anleggsprosjekt?**

**Hvilke forutsetninger mener du ligger til grunn for å skape en god fremdriftsplan?**

**Tillegg/kommentarer:**

# Vedlegg 6

## Intervjuguide rådgiver, FRE16

**Firma:** Norconsult AS

**Stilling:** Rådgiver

**Prosjekt:** Fellesprosjektet Ringeriksbanen og E16 (FRE16)

**Dato og sted:** 30. november – 13. desember, 2018, mobilsamtale og mailkorrespondanse

---

### Informasjon om oppgaven:

Masteroppgave på NTNU med intern veileder Pål Drevland Jakobsen v. institutt for bygg og miljøteknikk. Temaet er skråstreksplaner i norske anleggsprosjekt og digital fremdriftsplanlegging.

Intervjupersonen kan velge å fremstå anonym. Taushetsplikt for informasjon som skulle fremkomme utenfor det som det spørres om. Samtalen lagres lokalt på min pc via taleopptak. Det er kun jeg som skal transkribere dette ned til et referat, hvor deler av dette brukes i oppgavens resultatkapittel. Referatet blir ikke i sin helhet lagt ved oppgaven.

### Informert samtykke:

\_\_\_\_\_

Signert intervjuperson, informasjonen gitt ovenfor er forstått

---

**Hvordan er tidsbruken i planleggingsfasen ved å lage digitale skråstreksplaner sammenliknet med andre digitale verktøy som produserer Gantt-diagram?**

**Hva har det å si for den faktiske tidsbruken og effektiviteten i byggefasen?**

**Hva tror du er mest kostnadseffektivt sett i prosjekters helhet?**

**Er det noen typer prosjekt skråstreksplaner egner seg best for innenfor anleggsdrift, store og kompliserte prosjekt, som for eksempel Rogfast, kontra mindre og «enklere» prosjekt?**

**Hva vil du si er de største utfordringene med å implementere skråstreksplaner i større grad i norske anleggsprosjekt?**

**Tillegg/kommentarer:**

---

**Kommentarer skrevet ned under telefonsamtale med samme intervjuperson:**

**Tirsdag 27.11.18, kl. 11.40-12.10.**

# Vedlegg 7

## Observasjonsnotat

### TILOS Brukergruppe møte nr.2

**Sted: Trimble Solutions Sandvika AS, Leif Tronstads plass 4**

**Dato og tidspunkt: 06.12.2018, kl. 09:00-12:00**

#### **Fra møteinnkallelsen**

Formålet med brukergruppa er primært å få samlet inn brukerønsker og idéer, få diskutert mulige implementasjonsløsninger og få testet integrasjonsløsningene etter hvert som de utvikles.

Dagens integrasjonsløsning mellom Novapoint og TILOS er utarbeidet i samarbeid med Hæhre som aktiv kunde. Hæhre har nå ytret ønske om at flere aktører skal være med å mene noe om hvordan en slik integrasjonsløsning skal være. Dette synes vi er veldig fornuftig. Kort beskrivelse av dagens løsning: <https://youtu.be/o5hgPtrhdkc>

#### **Agenda**

09:00-09:10 – Agenda og introduksjon, Trimble

09:10-09:30 – Oppsummering fra TILOS brukergruppe møte #1, Trimble

09:30-10:00 – Quadri og Åpne formater IFC & GML, Trimble

10:00-11:00 Krav til kobling mellom framdriftsplaner og BIM-modell, Nye Veier

Kolomoen – Arnkvern:

Grunnlagsmodeller, fagmodeller og tverrfaglig modell skal oppdateres fortløpende slik at det fremgår for alle objekter om de er prosjektert eller bygget. Dette gjelder også traubunn og alle lag i veioverbygningen. Det tillates maksimalt 3 arbeidsdager fra et objekt eller lag er bygget til det har riktig status (som bygget) i modellene.

Planlagt tidspunkt for utførelse skal fremgå for alle objekter som ikke er ferdig bygget, dvs. datoer i gjeldende fremdriftsplan skal være knyttet til hvert objekt i modellene som metadata

11:00– 11:10 Pause

11:10– 12:00 Diskusjon og prioritering, alle

- Standardisering og norsk mal med likt biblioteket og aktiviteter
- Avgjøre hvilke objekter som skal inkluderes (vegkroppen, konstruksjoner, VA)
- Mal for eksport mellom TILSO og Novapoint i henhold til krav
- Diverse

## Hva skal observeres

Formålet med observasjonen er å observere inntrykk og kommentarer fra de ulike aktørene som deltar, om bruken av TILSO og integrasjonen med Novapoint. Det er også et mål å lære mer om dette selv, til bruk i oppgaven og senere tidspunkt. Punktene under beskriver ellers hva som skal observeres spesielt.

- Generelt: Adferd, hva som skjer, hvordan det skjer, hvor skjer det og hvem samhandler med hvem?
  - o Før møtestart
  - o Generelt
- Oppsummeringen av forrige møte, spesielt viktig siden studenten ikke deltok på det møtet. Introduksjon.
- Hvordan Quadri og de åpne formatene fungerer
  - o Aktørenes meninger om disse
- *Krav til kobling mellom framdriftsplaner og BIM-modell*
  - o Reaksjoner fra aktørene på dette
- *Hvordan standardisering og norsk mal med likt biblioteket og aktiviteter skal foregå*
  - o Aktørers reaksjon
- *Avgjøre hvilke objekter som skal inkluderes (vegkroppen, konstruksjoner, VA)*
- *Mal for eksport mellom TILSO og Novapoint i henhold til krav*
  - o Hvilke forutsetninger er viktigst
  - o Aktørenes meninger rundt dette
- Hva blir tatt opp på *diverse*

## Område for observasjonen

Et av Trimble sine møterom, med online løsning for deltagelse via Skype for Business.

## Egen posisjon

I et velegnet møterom, koblet opp for møter på Skype. På Lerkendalsbygget, Gløshaugen NTNU i Trondheim. Studenten deltok på møtet via Skype.

## Observasjonsbeskrivelse

### Forstyrrelser

### Tolkning

