

Frida Nilsen

# Systematisk ferdigstillelse - Tilrettelegging for færre feil og mangler i byggeprosjekter

En studie med fokus på tidligfase og  
prosjekteringsprosessen

Masteroppgave i Bygg- og Miljøteknikk

Veileder: Olav Torp

Medveileder: Jan Alexander Langlo

Juni 2021



Frida Nilsen

# **Systematisk ferdigstilling - Tilrettelegging for færre feil og mangler i byggeprosjekter**

En studie med fokus på tidligfase og  
prosjekteringsprosessen

Masteroppgave i Bygg- og Miljøteknikk  
Veileder: Olav Torp  
Medveileder: Jan Alexander Langlo  
Juni 2021

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for ingeniørvitenskap  
Institutt for bygg- og miljøteknikk



Kunnskap for en bedre verden





# Sammendrag

Statistikk viser at dagens byggeprosjekter preges av en betydelig andel kvalitetsavvik. Feil og mangler oppdages ikke tidlig nok, og utbedring av disse i ettertid, utgjør en unødvendig stor kostnad i byggebransjen. Metodikken Systematisk ferdigstilling har derfor blitt introdusert for bransjen med hensikt om å løse disse utfordringene. For å lykkes med Systematisk ferdigstilling må det legges til rette for at metodikken ivaretas i alle faser av prosjektet, ikke kun de avsluttende.

Masteroppgavens formål er å utforske hvordan fasene før utførelsesfasen kan ivareta Systematisk ferdigstilling. Dette er forsøkt belyst gjennom å undersøke hvordan byggherre og prosjekteringsprosessen kan ivareta Systematisk ferdigstilling. Innenfor det gjeldende fagfelt er eksplisitt forskning på Systematisk ferdigstilling begrenset. Derfor søker denne masteroppgaven å bidra med tanker, idéer og forslag til hvordan byggeprosjekter i større grad kan lykkes med metodikken, gitt de utfordringene som ofte følger med.

Metodologisk er det gjennomført fire kvalitative forskningsmetoder, herunder litteraturstudie, dybdeintervjuer, dokumentanalyse og casestudie. Det teoretiske grunnlaget er basert på tidligere forskning på prosjekteringsprosessen, Lean, idriftsetting og Systematisk ferdigstilling. Casestudiet tar utgangspunkt i rehabiliteringen av Norges Handelshøyskole (NHH) og består av dokumentanalyse og syv dybdeintervjuer. Det var ønskelig å diskutere funnene fra casestudien, og derfor ble det gjennomført ytterligere tolv dybdeintervjuer med representanter fra norsk byggebransje.

Empirien som er tilegnet peker på flere av de samme utfordringene som i litteraturen. Motstand mot endring og forsinkelser på prosjekteringsleveranser blir spesielt fremhevet som sentrale utfordringer. Oppgavens funn viser blant annet at byggherre må tidlig stille en tydelig forventning om Systematisk ferdigstilling til involverte aktører og deretter følge opp arbeidet jevnlig. Empiri og litteratur tilsier at prosjekteringsprosessen må bryte med tradisjonell prosjektering og utforske mer effektive og samhandlende arbeidsmetoder. KPI'er på punktlighet og måling av disse, er et annet tiltak empirien fremhever for å redusere forsinkelser i prosjekteringsprosessen.

Oppgaven anses ikke egnet for deskriptiv generalisering. Tidligere forskning på Systematisk ferdigstillelse er derimot begrenset, og undersøkelsen kan derfor bidra til økt kunnskap om metodikken. Spesielt kan de delene av oppgaven som belyser utfordringer knyttet til Systematisk ferdigstillelse være relevante for å gjøre prosjekter mer proaktive.

# Abstract

Statistics indicate that there is a material level of deviation in quality of construction projects today. Construction flaws are often not detected in the early phases, which results in material costs related to remedial actions. Systematic Completion has therefore been introduced to the construction industry with aim to find better solutions. To ensure the advantages of Systematic Completion, it is crucial that it is not only used in the final stages but employed and practiced through all phases of the project.

The purpose of the master's thesis is to examine how Systematic Completion can be employed in the early phases of a construction project, and how the construction client and the design process can facilitate the method. Within the relevant field, explicit research on Systematic Completion is limited. The master's thesis seeks to contribute with thoughts, ideas and suggestions for how construction projects can achieve a more systematic and successful commissioning process, given the challenges that often follow.

Methodologically, four qualitative research methods have been performed including literature study, semi-structured interviews, document analysis and a case study. The theoretical framework is based on previous research in the fields of Lean, Building Commissioning, Systematic Completion, and the design process. The basis of the case study is the rehabilitation of the Norwegian School of Economics (NHH); a study that consisted of document analysis and seven semi-structured interviews. Because it was desirable to confer the findings from the case study, there were conducted twelve additional semi-structured interviews with representatives from the Norwegian construction industry.

The acquired empirical data draws attention to several of the same challenges as pointed out in the literature. The main challenges are resistance to change and delays in design deliveries. The thesis show that the construction client must set a clear expectation for Systematic Completion to the parties involved at an early phase, and thereafter review the process on a regular basis. Both empirical data and literature suggest that the design process must break with traditional design and explore more efficient and interactive methods. A performance measurement system

with KPIs on punctuality to reduce delays in the design process is another practice that the study highlights.

The master's thesis is not considered suitable for descriptive generalization. However, previous research on Systematic Completion is limited, and the study can therefore contribute to increase the knowledge of the methodology. In particular, the parts of the thesis that clarify the challenges related to Systematic Completion may be useful to make projects more proactive.

# Forord

Masteroppgaven er utarbeidet våren 2021 ved Institutt for Bygg- og miljøteknikk, NTNU. Oppgavens er et resultat av arbeidet utført i emnet TBA4910 - *Prosjektledelse* og utgjør 30 studiepoeng.

Masteroppgaven har gitt meg mulighet til å forske på Systematisk ferdigstilling, og hvordan prosjekter kan tilrettelegges for at dagens bygg overleveres uten feil og mangler. Jeg er svært takknemlig for at jeg valgte et tema som har vært engasjerende å skrive om. Dette, i tillegg til at det er få før meg som har belyst temaet i tidligere forskning, har gjort meg ekstra motivert for å arbeide med masteroppgaven i en ellers ganske krevende tid #Covid19.

Først ønsker jeg å rette en stor takk til mine veiledere ved NTNU, Olav Torp og Jan Alexander Langlo. Tusen takk for god veiledning underveis og motiverende ord når det har vært nødvendig. Videre ønsker jeg å takke Linda Sunde Eriksen for tilrettelegging av casestudie og gode samtaler om Systematisk ferdigstilling. Det rettes også en stor takk til alle informantene som ønsket å bidra til oppgaven gjennom intervjuer. Kunnskapen dere har gitt meg vil være uvurderlig når jeg nå går inn i arbeidslivet.

Masteroppgaven er det avsluttende arbeidet på sivilingeniørstudiet Bygg- og Miljøteknikk. For meg representere oppgaven også en avslutning på livet som student etter seks fantastiske år i «bartebyen». Tusen takk til studiekamerater på Bygg- og miljøteknikk og gode venner på Singsaker Studentehjem, dere har vært viktige støttespillere gjennom hele studietiden. UKA og UKEstyret-19 fortjener også en stor takk for både personlig og faglig utvikling. Jeg ser frem til at vi annethvert år møtes i det runde røde for å mimre tilbake til tiden i Trondheim.

Helt til slutt ønsker jeg å takke Fartein for god støtte, og Kathrine og Jenny for korrekturlesing.

Trondheim, 15. juni 2021



---

Frida Nilsen



# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>v</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>vii</b>
<b>Forord</b> .....	<b>ix</b>
<b>Figurliste</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Tabelliste</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1 Introduksjon</b> .....	<b>15</b>
1.1 Tematisk bakgrunn .....	15
1.2 Formål og forskningsspørsmål .....	17
1.3 Avgrensninger .....	18
1.4 Begrepsavklaringer.....	19
1.5 Oppgavens oppbygning.....	20
<b>2 Metode</b> .....	<b>23</b>
2.1 Forskningstilnæringer og konsepter .....	23
2.1.1 Eksplorerende, deskriptivt og kausalt .....	23
2.1.2 Induktiv og deduktiv .....	24
2.1.3 Kvantitativ og kvalitativ .....	24
2.1.4 Metodetriangulering .....	25
2.1.5 Reliabilitet og validitet .....	25
2.2 Metodeoversikt.....	26
2.2.1 Begrunnelse for valgte metoder .....	27
2.3 Forskningsmetoder .....	28
2.3.1 Litteraturstudie .....	28
2.3.2 Dokumentanalyse .....	31
2.3.3 Casestudie.....	32
2.3.4 Dybdeintervju .....	34
2.4 Analyse av empirisk materiale .....	38
2.5 Samlet vurdering av forskningsdesignet og etiske betraktninger.....	39
<b>3 Teori</b> .....	<b>41</b>
3.1 Lean.....	41
3.2 Lean Construction .....	42
3.2.1 Metoder og teknikker .....	45
3.2.2 Erfaringer fra Lean Construction i byggeprosjekter .....	46

3.3	Idriftsetting .....	48
3.4	Systematisk ferdigstillelse .....	52
3.4.1	Ledelse, Innholdskompetanse og systematikk .....	53
3.4.2	Prosjektgjennomføring .....	54
3.4.3	Erfaringer fra Systematisk ferdigstillelse i norske byggeprosjekter .....	58
3.5	Prosjekteringsprosessen .....	59
3.5.1	Fra tradisjonell til Samtidig prosjektering.....	59
3.5.2	BIM som prosjekteringsverktøy .....	63
3.5.3	Bruk av prestasjonsmåling og KPI'er for kontinuerlig forbedring .....	64
3.5.4	Utfordringer i prosjekteringsfasen .....	66
<b>4</b>	<b>Casestudie - Rehabiliteringen av NHH.....</b>	<b>69</b>
4.1	Beskrivelse av prosjektet.....	69
4.2	Resultater fra casestudie .....	70
4.2.1	Forprosjekt med samspill .....	70
4.2.2	Detaljprosjekteringsfasen .....	72
4.2.3	Byggefase, ferdigstillelse og idriftsettelse .....	76
4.2.4	Funn på tvers av fasene .....	77
<b>5</b>	<b>Resultater fra dybdeintervjuer.....</b>	<b>81</b>
5.1	Systematisk ferdigstillelses verdi for byggeprosjekter.....	81
5.2	Systematisk ferdigstillelse i tidligfase .....	82
5.3	Prosjektering med fokus på Systematisk ferdigstillelse.....	84
5.4	Andre roller og organisering knyttet til Systematisk ferdigstillelse.....	87
<b>6</b>	<b>Diskusjon .....</b>	<b>89</b>
6.1	Utfordringer knyttet til Systematisk ferdigstillelse .....	89
6.2	Byggherres tilrettelegging av Systematisk ferdigstillelse i tidligfase .....	93
6.3	Prosjekteringsarbeid for å ivareta Systematisk ferdigstillelse.....	101
<b>7</b>	<b>Avslutning.....</b>	<b>113</b>
7.1	Konklusjon .....	113
7.2	Bemerkninger .....	116
7.3	Videre arbeid .....	116
	<b>Referanseliste.....</b>	<b>119</b>
	<b>Vedlegg .....</b>	<b>127</b>



# Figurliste

Figur 1: Årsaker til feil og mangler (Stenstad, Rolstad og Vordahl, 2005) .....	16
Figur 2: Masteroppgavens oppbygging .....	20
Figur 3: Metodeoversikt .....	26
Figur 4: Tidslinje Systematisk ferdigstilling (Johansen og Hoel, 2016).....	53
Figur 5: Prosessflyt for prosjekteringsunderlag til testprosedyrer (Johansen og Hoel, 2016) .	56
Figur 6: V-modell (Beste, 2020 og Holm et al, 2018) .....	57
Figur 7: «Over the wall»-tilnærming (Evbuomwan og Anumba, 1998).....	60
Figur 8:McLeamy-kurven (Westergaard, Arge og Moe, 2010) .....	61
Figur 9: MMI-prosess (Fløisbonn et al, 2018) .....	64
Figur 10: Oversiktsbilde NHH (Varde Solutions, 2018).....	69
Figur 11: Prestasjonsmålingssystem knyttet til funksjonsbeskrivelser .....	111

# Tabelliste

Tabell 1: Forskningsspørsmål .....	17
Tabell 2: Søkematrise .....	29
Tabell 3: Beskrivelse av TONE-prinsippet .....	30
Tabell 4: Beskrivelse av ulike leveranser knyttet til Systematisk ferdigstilling .....	55
Tabell 5: Funksjonsbeskrivelse inndelt i ferdiggrader .....	110

# 1 Introduksjon

Kapittelet vil først beskrive hvorfor oppgavens tema er relevant i dagens byggebransje. Deretter vil masteroppgavens formål og forskningsspørsmål presenteres, etterfulgt av avgrensninger. Avslutningsvis vil det gis en begrepsavklaring og leserveiledning for hvordan oppgaven er strukturert videre.

## 1.1 Tematisk bakgrunn

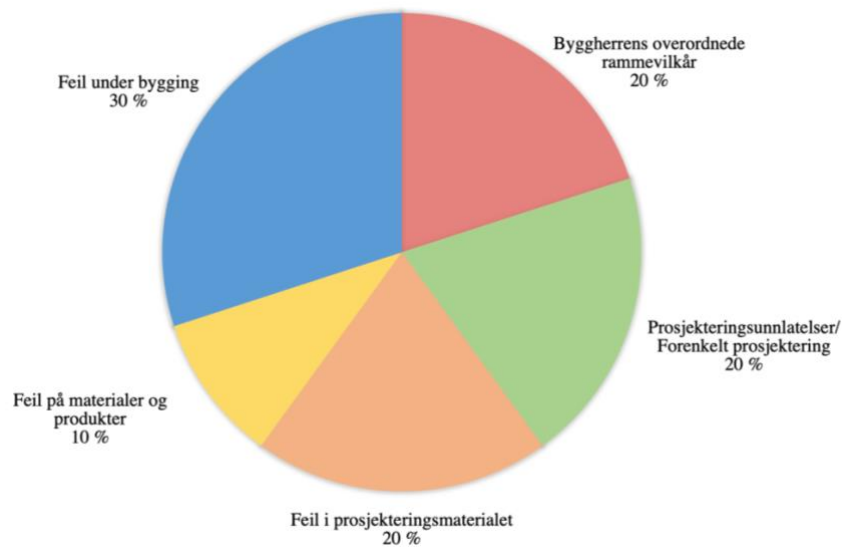
I 2016 skrev tre forskere ved SINTEF en kronikk om feil og mangler i norske byggeprosjekter. Kronikken ble publisert i Aftenposten med tittelen:

*«Lærer ikke byggenæringen av egne feil?»*

SINTEF har fra 1964 gjennomført omtrent 10 000 tilstands- og skadeanalyser i varierte byggeprosjekter. Forskerne ved SINTEF viser til at siden 1964 og frem til 2016 har samfunnet vært gjennom en imponerende utvikling, både teknologisk, sosialt og økonomisk. Likevel antyder SINTEFs byggeskadearkiv at kvaliteten på det som bygges ikke har hatt en like formidabel utvikling. Forskerne mener at til tross for den teknologiske utviklingen, har ikke dagens bygg færre feil og mangler enn før. Byggeskadearkivet viser i tillegg at det ofte er de samme feilene som går igjen (Molum, Bøhlerengen og Høiland-Kaupang, 2016).

Dagens byggeprosjekter preges av at de tekniske systemene eller de prosjekterte funksjonene ikke fungerer som de skal når bygget står ferdig. Det tekniske nivået i prosjektene er av en helt annen karakter enn de prosjektene som ble gjennomført for få tiår siden. En konsekvens av den økende kompleksiteten er at de som skal planlegge og gjennomføre et byggeprosjekt må håndtere en betydelig større informasjonsmengde enn det som tidligere var vanlig (Johansen og Hoel, 2016, s.6). I følge Molum, Bøhlerengen og Høiland-Kaupang (2016) er dette en utfordring i mange byggeprosjekter og viser til at viktig informasjon ikke videreformidles i overgangen mellom prosjektfasene. En konsekvens av tapt informasjon er flere feil og mangler. Molum, Bøhlerengen og Høiland-Kaupang peker spesielt på prosjekteringsfeil som de mest sentrale. Dette bekreftes av Stenstad, Rolstad og Vordahl (2005, s.39). Figur 1 viser at store

del av prosjektenes feil og mangler kan direkte tilbakeføres til prosjekteringsunntatelser, feil i prosjekteringen eller uklart prosjekteringsbehov.



Figur 1: Årsaker til feil og mangler (Stenstad, Rolstad og Vordahl, 2005, tilpasset av forfatter)

Feil og mangler er ikke kun uheldig for byggets kvalitet, men også i et økonomisk perspektiv. I bygg- og anleggsbransjen brukes en unødvendig stor del av investeringene på retting av feil i prosjektering, utførelse eller produkter (Johansen og Hoel, 2016, s.7). Ifølge Kvande og Lisø (2010) er de årlige kostnadene forbundet med utbedring av prosessforårsakede byggskader på ferdige, overleverte nybygg på omtrent 4 prosent (+/- 2 prosent) av de årlige investeringskostnadene. Hvis kostnadene for oppretting av feil på bygg før overlevering inkluderes, så vil det samlede forbedringspotensialet i bransjen ligge på 7-11 prosent av årlig netto byggeproduksjon.

Som Figur 1 viser er forbedringer i prosjektenes gjennomføringsmodell en nødvendig forutsetning for bedre kvalitet i norske bygg- og anleggsprosjekter. En metodikk som kan bidra til dette er Systematisk ferdigstillelse. Gjennom å hente inspirasjon fra blant annet Lean har Systematisk ferdigstillelse som mål å ferdigstille prosjektering og bygging med færre feil og med bedre oversikt. Systematisk ferdigstillelse vil tydeliggjøre prosessen fra krav til gjennomføring og bidra til mer kontroll. Testing og verifisering vil så bli utført på en mer forutsigbar måte, og med tydelige forventninger til leveranser (Johansen og Hoel, 2016, s.4).

I 2016 ble det formidlet på Solstrandkonferansen, en kunnskapskonferanse som har samlet byggebransjen i flere år, at Systematisk ferdigstillelse er løsningen for at prosjekter oppfyller kravene innenfor tid, kostnad og kvalitet. Per Roger Johansen fortalte den gang at et fokus på

Systematisk ferdigstillelse gjennom hele prosjektforløpet legger opp til en mer strukturert avslutning, der de prosjekterende vil gjøre arbeidsoppgaver enklere for utførende (Bygg.no, 2016). I 2018 ble metodikken igjen et hovedtema på Solstrandkonferansen, og arrangementsansvarlig Anita Topdal, poengterte da at det er essensielt at byggherrene tar ansvar for Systematisk ferdigstillelse og legger til rette for dette i prosjektgjennomføringen (Bygg.no 2018).

BA2015 med Per Roger Johansen og Tor I. Hoel som forfattere, publiserte i 2016 en innholdsrik veileder med eksempler for Systematisk ferdigstillelse (Atkins Norge, u.å.). I arbeidet med prosjektoppgaven (Nilsen, 2021) ble det avdekket at forskning knyttet til Systematisk ferdigstillelse derimot er beskjedent. Antageligvis er det derfor et behov for å høste flere erfaringer fra hvordan prosjekter kan tilrettelegge for, og kontinuerlig arbeide med Systematisk ferdigstillelse gjennom prosjektets levetid.

## 1.2 Formål og forskningsspørsmål

Ifølge Holm *et al* (2018) handler ikke Systematisk ferdigstillelse kun om slutfasen til et prosjekt, men om hvordan tilretteleggingen gjennom hele prosjektet kan bidra til en vellykket ferdigstillelse med riktig kvalitet og til rett tid. Formålet med masteroppgaven er derfor å undersøke hvordan byggherre og prosjekteringsprosessen kan tilrettelegge for at byggeprosjekter i større grad lykkes med Systematisk ferdigstillelse.

I samarbeid med veiledere er det utarbeidet tre forskningsspørsmål som kan gi en besvarelse på oppgavens formål. Hensikten med forskningsspørsmålene er å tillatte et dypere dykk ned i temaet, samt gi oppgaven mer substans. Oppgaven bygges opp ved at det første spørsmålet legger grunnlaget for å besvare de to siste og viktigste forskningsspørsmålene. Forskningsspørsmålene er presentert i Tabell 1.

Tabell 1: Forskningsspørsmål

<b>Forskingsspørsmål 1</b>	Hvilke utfordringer er knyttet til Systematisk ferdigstillelse?
<b>Forskingsspørsmål 2</b>	Hvordan kan byggherre i tidligfase legge til rette for at Systematisk ferdigstillelse blir en gjennomgående prosess i hele prosjektforløpet?
<b>Forskingsspørsmål 3</b>	Hvordan kan prosjekteringsprosessen ivareta Systematisk ferdigstillelse?

Når prosjekter forstår utfordringer knyttet til Systematisk ferdigstilling, vil det være langt lettere å tilrettelegge på en god måte. Dette er utgangspunktet for hvorfor første forskningsspørsmål stilles. I arbeidet med prosjektoppgaven (Nilsen, 2021) ble det avdekket at ledelsen involvering og engasjement er viktig i Systematisk ferdigstilling. Med bakgrunn i dette, og Topdals utsagn om byggherres ansvar i forrige underkapittel, var det ønskelig å formulere et forskningsspørsmål som involverer byggherre. Prosjekteringsprosessen har fått fokus på bakgrunn av at et betydelig antall feil og mangler i dagens prosjekter kan tilbakeføres til prosjekteringen (Stenstad, Rolstad og Vordahl, 2005, s.39). Hensikten med Systematisk ferdigstilling er å utføre arbeidet riktig første gang, og i den forbindelse har prosjekteringsprosessen en viktig rolle.

Gjennom å besvare forskningsspørsmålene søker masteroppgaven å bidra med tanker, idéer og forslag til hvordan faser før utførelses- og ferdigstillingsfasen kan ivareta Systematisk ferdigstilling, og med det tilrettelegge for at byggeprosjekter i større grad lykkes med metodikken. For å kunne bidra med dette har oppgaven hentet inn relevant litteratur og empirisk data fra dokumentanalyse, casestudie og intervjuer.

### **1.3 Avgrensninger**

Masteroppgavens omfang utgjør 30 studiepoeng og skal svare til et 20 ukers heltidsstudie. De gitte tidsrammene begrenser hvor mange sider av temaet som kan belyses, og det er derfor nødvendig å definere noen klare avgrensninger for oppgaven.

Masteroppgaven avgrenses til å studere Systematisk ferdigstilling i planleggings- og prosjekteringsprosessen. Det vil si at utførelsesfasen betraktes i mye mindre grad. Det vil imidlertid bli inkludert aspekter ved denne fasen hvis det er relevant. Videre vil entreprisemodell kunne påvirke ansvar knyttet til Systematisk ferdigstilling, men oppgaven har valgt å ikke begrense seg til en spesifikk entreprisemodell. Oppgaven forsøker derimot å spesifisere når ulike funn er avhengig av entreprisemodell eller ikke.

Litteratur og teori ble i hovedsak tilegnet gjennom arbeidet med prosjektoppgaven høsten 2020 (Nilsen, 2021). Etersom forskning og teori knyttet til Systematisk ferdigstilling er begrenset ble andre lignende metodikker inkludert i litteraturstudiet. Teorien som presenteres tar derimot ikke for seg hele omfanget av disse metodikkene, men gir et innblikk i hva de innebærer og hva som er relevant for Systematisk ferdigstilling.

Systematisk ferdigstillelse bryter med blant annet tradisjonell prosjektering, noe som vil bety en endringsprosess for flere aktører. Litteraturstudiet kunne inkludert litteratur knyttet til endringsledelse eller lignende, men for å begrense oppgaven har dette blitt valgt bort. Videre kunne omfanget av teori knyttet til prosjekteringsprosessen vært vesentlig større, men det ble ansett som mest hensiktsmessig å kun gi en overordnet beskrivelse av prosessen, utfordringer og verktøy som kan brukes.

Gjennom dokumentanalyse, intervjuer og en casestudie av rehabiliteringen av Norges Handelshøyskole (NHH) har empiri blitt innhentet. Det ligger begrensninger i forskningsmetodene grunnet tidsperspektivet til masteroppgaven, og antall casestudier og intervjuer er derfor begrenset for å få et håndterbart omfang av data. I casestudiet ble det gjennomført syv intervjuer og utover casestudiet ble det senere intervjuet tolv ytterligere representanter fra bransjen. Basert på de siste intervjuene ble det ansett som tilstrekkelig å kun utføre én casestudie.

I diskusjonskapittelet blir blant annet ulike tiltak og aktiviteter som byggherre og prosjekteringsprosessen kan gjennomføre ordnet i ulike kategorier. Med bakgrunn i teori og den empiriske dataen som er samlet inn har disse kategoriene blitt regnet som de mest relevante. Ved grundigere forskning og større tidsramme burde muligens flere kategorier inkluderes.

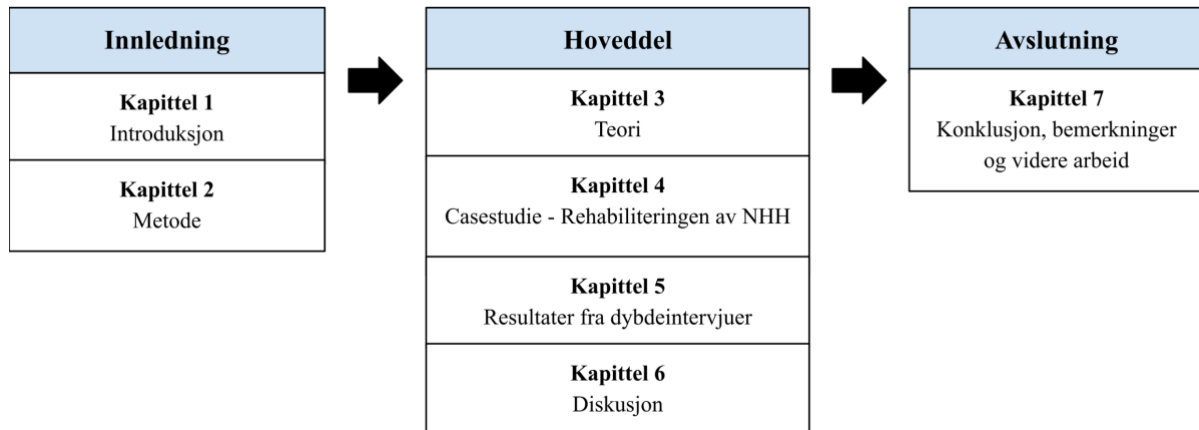
## 1.4 Begrepsavklaringer

Begreper og forkortelser vil bli forklart fortløpende gjennom oppgaven og register for forkortelser av begreper som inngår i oppgaven er presentert i Vedlegg 1. Det antas at leser av masteroppgaven har kjennskap til byggebransjen og det vil derfor ikke bli gitt en omfattende begrepsavklaring i dette delkapittelet. Det er imidlertid hensiktsmessig å forklare begreper som inngår i oppgavens tittel eller forskningsspørsmål, samt en oppklaring av begreper som brukes om hverandre.

I masteroppgaven defineres *tidligfase* som perioden fra et behov oppstår, fram til ferdig forprosjekt. *Prosjekteringsprosessen* inkluderer i denne oppgaven både for- og detaljprosjektering. Begrepene *rådgivende ingeniører* og *prosjekterende* brukes om hverandre, og er de som planlegger, prosjekterer og produserer underlag til produksjon og drift av bygget. *Produksjon, utførelse* og *byggefase*n vil også bli brukt om hverandre, og alle refererer til fasen hvor byggearbeidet gjennomføres.

## 1.5 Oppgavens oppbygning

Oppgaven er delt inn i tre deler; innledning, hoveddel og avslutning. Hver del er videre delt inn i kapitler basert på Nils Olssons bok *Praktisk rapportskrivning* (Olsson, 2011) og totalt har masteroppgaven 7 kapitler. Oppbyggingen er illustrert i Figur 2.



Figur 2: Masteroppgavens oppbygging

Innledningen består av to kapitler, introduksjon og metode. Kapittel 1 *Introduksjon* viser til bakgrunnen og formålet med masteroppgaven, samt avgrensninger knyttet til oppgavens omfang. Det videre arbeidet med oppgaven baserer seg derfor på dette kapittelet. Kapittel 2 *Metode* gjør rede for hvilke arbeider og vurderinger som er gjort i forbindelse med oppgaven. Masteroppgaven har benyttet en kvalitativ tilnærming som inkluderer litteraturstudie, dokumentanalyse, casestudie og intervjuer. I kapittelet vil det argumenteres for valg av metode, og beskrives hvordan oppgavens data er innhentet og analysert for å best mulig besvare forskningsspørsmålene. I akademiske oppgaver presenteres ofte teorien før metoden, men ettersom litteraturstudiet beskrives i metodekapittelet anser forfatter det som mest hensiktsmessig å plassere metodekapittelet først.

Masteroppgavens hoveddel består av teori, resultater fra empirisk data og diskusjon. Kapittel 3 *Teori* viser til eksisterende litteratur knyttet til Systematisk ferdigstillelse og andre metodikker. Dette kapittelet vil gi en forståelse for hvorfor disse ulike metodikkene har blitt aktuell i bygg- og anleggsbransjen. I tillegg inkluderer teorikapittelet litteratur knyttet til prosjekteringsprosessen. Delkapittelet vil belyse utfordringer, og ulike arbeidsformer og verktøy som kan brukes i prosjekteringen. I kapittel 4 *Casestudie - Rehabiliteringen av NHH* vil først prosjektet som ble studert gjennom en casestudie bli beskrevet. Deretter vil kapittelet



presentere resultatene fra casestudiet. Det er valgt å slå sammen presentasjon og resultater fra casestudiet, med formål om at informasjonen vil bli mer sammenhengende for leser av oppgaven. Kapittel 5 *Resultater fra dybdeintervjuer* vil gi innsikt i den empiriske dataen som ble innhentet gjennom intervjuer med representanter fra byggebransjen som har kunnskap om Systematisk ferdigstillelse, men ikke har en tilknytning til prosjektet som ble benyttet i casestudiet. I kapittel 6 *Diskusjon* vil funnene fra kapittel 4 og 5 diskuteres opp mot teorien fra kapittel 3. Forskningsspørsmålene er utgangspunktet for diskusjonen.

Kapittel 7 *Avslutning* er masteroppgavens avsluttende del. Kapitlet skal søke etter å komme med en konklusjon på forskningsspørsmålene og med det realisere formålet med oppgaven. Bemerkninger og forslag til videre arbeid vil i tillegg presenteres i dette kapitlet. Helt til slutt vil det være en referanseliste og vedlegg.



## 2 Metode

Hensikten med dette kapitlet er å gjøre leser i stand til å vurdere grunnlaget for masteroppgavens funn og konklusjoner. Metodekapitlet inneholder en redegjørelse av hvilke forskningsmetoder som har blitt benyttet for å innhente og vurdere ulik informasjon til oppgaven. Kapitlet vil først presentere teori knyttet til ulike forskningsstrategier. Store deler av dette er hentet fra prosjektoppgaven som ble skrevet i høst (Nilsen, 2021). Deretter vil valg av forskningsdesign begrunnes, før hver metode utdypes nærmere og evalueres. Refleksjoner rundt forskningsdesignet som helhet og etiske betraktninger avslutter kapitlet.

### 2.1 Forskningstilnærminger og konsepter

Metode er de teknikker som anvendes for å tilegne seg kunnskap om virkeligheten, eller empiri som det kalles i vitenskapen. For vitenskapelige metoder stilles det krav til at denne informasjonen skal samles inn, behandles og presenteres systematisk (Jacobsen, 2015, s.16). Hvilken metodisk tilnærming en velger avhenger av problemstilling og hvordan det er ønskelig å innhente data. For hvert enkelt forskningsprosjekt bør en finne hvilke metoder som er mest hensiktsmessig, da ulike metodene varierer i krav til tid, ressurser og erfaring (Dalland, 2017, s.54).

Ulike forskningstilnærminger og konsepter har blitt lagt til grunn i arbeidet med denne masteroppgaven. Det er viktig å ha en forståelse for disse i utarbeidelsen av forskningsdesignet, og de vil derfor bli kort beskrevet i dette underkapitlet.

#### 2.1.1 Eksplorerende, deskriptivt og kausalt

Det er tre typer forskningsdesign det hovedsakelig skiller mellom; eksplorerende (utforskende), deskriptivt (beskrivende) og kausalt (forklarende). Som nevnt over er det problemstillingens natur som avgjør hvilken av de tre som er best egnet (Ghauri & Grønhaug, 2002, s.48).

Eksplorerende studier er undersøkelser innenfor et tema hvor forhåndskunnskapen er liten (Tjora, 2021, s.287), som vil si at forskeren har en utforskende tilnærming. Et eksplorerende forskningsdesign benyttes dersom problemstillingen er uklar og målet er å utforske problemstillingen og skape innsikt og forståelse. Med et deskriptivt forskningsdesign har

forskeren klare forestillinger om strukturer og sammenhenger, og forsøker å beskrive virkeligheten uten å gi forklaringer. Det forutsetter gjerne et mer strukturert forskningsopplegg og en klar problemstilling. I likhet med deskriptivt tar et kausalt forskningsdesign utgangspunkt i en strukturert og klar problemstilling. I et slikt forskningsdesign er fokuset på å forklare en årsakssammenheng (Ghauri & Grønhaug, 2002, s.48-50).

### **2.1.2 Induktiv og deduktiv**

Kunnskap kan, ved bruk av vitenskapelig metode, tilegnes ved bruk av induksjon og deduksjon. Induktiv tilnærming innebærer at forskere forsøker å gå fra empiri til teori, det vil si at teori skal dannes ut fra empiriske undersøkelser (Jacobsen, 2015, s.25-29). Induksjon er en åpen tilnærming med mål om at ikke noe skal begrense hvilken informasjon den enkelte forskeren samler inn. Med denne tilnærmingen kan en etablere ny kunnskap rundt temaer der det ikke eksisterer mye forhåndskunnskap.

Ved en deduktiv tilnærming går forskeren motsatt vei, altså fra teori til empiri. Det vil si at empiriske undersøkelser skal være styrt av teoretiske antakelser og krever at forskeren har en klar teori før datainnsamlingen begynner. Gjennom deduksjon ønsker en å finne bevis som forsterker eller bryter med allerede eksisterende teori og tilnærmingen er derfor vanlig å benytte for temaer hvor det finnes mye forhåndskunnskap.

Ifølge Jacobsen (2015, s.34) er det umulig å kun forholde seg til teori, siden teorien ofte kommer som en følge av noe som har blitt observert tidligere. Videre er det naivt å anta at det er mulig å gjøre undersøkelser uten noen antagelser med bakgrunn fra teori. En pragmatisk tilnærming på dette kalles abduksjon og viser til at kunnskap utvikles både gjennom observasjon og verifisering i allerede eksisterende teori. Abduksjon er med andre ord et kontinuerlig samspill mellom teori og empiri, der ingen av de to kan sies å ha noe fortrinn (Jacobsen, 2015, s.34).

### **2.1.3 Kvantitativ og kvalitativ**

Metoden som er best egnet for å samle inn empiri kan enten være en kvantitativ og kvalitativ tilnærming (Jacobsen, 2015, s.64). Kvantitativ tilnærming har som grunnleggende utgangspunkt at empirien kan måles ved hjelp av metoder og instrumenter som vil gi informasjon i form av noe målbart, ofte tall. Empirien kan så behandles ved hjelp av statistiske teknikker og kvantitative studier har ofte høy grad av etterprøvnbarhet. En kvalitativ tilnærming

har som utgangspunkt at empirien er for kompleks til å reduseres til tall, og at en derfor må innhente muntlig og tekstlig informasjon.

Ofte vil problemstillingen være styrende for om en velger en kvantitativ eller kvalitativ tilnærming. Jacobsen (2015, s.64) viser til at en testende problemstilling vil ofte ha som hensikt å finne omfanget eller hyppigheten av et fenomen. Det vil si at en ønsker en metode som undersøker relativt få nyanser, men rekker over flere enheter. For slike undersøkelser vil en ofte velge en kvantitativ tilnærming. Hvis problemstillingen er eksplorerende vil en ønske å bruke en kvalitativ metode som gir flere nyanser og vanligvis konsentrerer seg om noen få enheter.

#### **2.1.4 Metodetriangulering**

Å kombinere ulike undersøkelsesopplegg kalles for metodetriangulering. Ifølge Jacobsen (2015, s.121) er dette et ideal, da sterke sider ved en type undersøkelsesopplegg kan kompensere for svakheter i andre. Det vil være enklere å oppdage skjevheter i datamaterialet og vil føre til at påliteligheten til resultatene øker.

Den største fordelen med metodetriangulering er at det skapes et mer helhetlig og kontekstuell bilde av det som undersøkes. Dette kan føre til en bedre forståelse av problemstillingen og bidra til at forskeren avdekker fenomener som muligens ikke ville blitt oppdaget dersom kun et forskningsopplegg hadde blitt benyttet. I tillegg kan det føre til nye problemstillinger som kan besvares ved senere forskning (Ghuri & Grønhaug, 2002, s.181).

#### **2.1.5 Reliabilitet og validitet**

Som nevnt over skal en undersøkelse være en metode til å innhente empiri. Uavhengig av hva slags empiri det gjelder bør den tilfredsstillende to krav:

- Reliabilitet - Empirien må være pålitelig og troverdig
- Validitet - Empirien må være gyldig og relevant

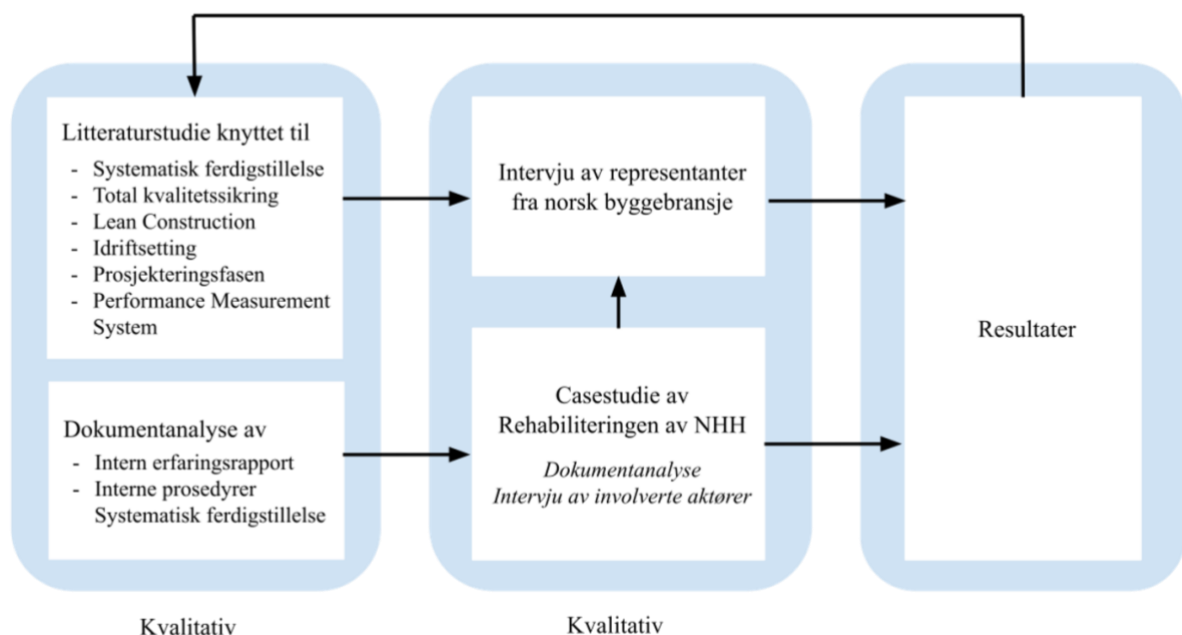
Reliabilitet knyttes til etterprøvhetsgraden til resultatene. Dersom den samme målingen gjentas flere ganger med bruk av forskjellige forskningsmetoder og oppnår likt resultat, regnes det som god reliabilitet. Validitet angir i hvilken grad empirien en har samlet inn er relevant for problemstillingen. Høy validitet tilsvarer at den brukte metoden egner seg som måleinstrument og at den måler det som er relevant for undersøkelsen (Olsson, 2015, s.41).

## 2.2 Metodeoversikt

Masteroppgaven er basert på en kvalitativ studie og består av fire ulike forskningsmetoder, herunder litteraturstudie, casestudie, dokumentanalyse og dybdeintervjuer. Litteraturstudiet er brukt for å danne et solid teoretisk grunnlag, og har med det vært fundamentet i oppgaven. Teoridelen tar utgangspunkt i bransjeveiledere innenfor tematikken, forsknings- og tidsskriftsartikler og fagbøker, med høy validitet. Litteraturstudiet har blitt gjennomført før og underveis i arbeidet med oppgaven.

En dokumentanalyse av en offentlig byggherres erfaringsrapport og andre aktørers prosedyrer for Systematisk ferdigstillelse har blitt gjennomført. Dette sammen med litteraturstudiet har vært utgangspunktet for casestudiet som hadde som hensikt å undersøke hvordan Systematisk ferdigstillelse kan bli anvendt i et byggeprosjekt. Avslutningsvis ble nye intervjuer gjennomført med andre aktører som ikke var involvert i casestudiet slik at funn kunne diskuteres og eventuelle nye aspekter belyses.

Figur 3 viser en illustrasjon av valgte forskningsmetoder og hvordan de hører sammen. Utover disse metodene er det i tillegg gjennomført samtaler med veiledere og andre aktører i forbindelse med utforming av oppgaven. Disse samtaler har vært essensielle for å kunne forstå hva som er aktuelt å fokusere på innenfor tematikken.



Figur 3: Metodeoversikt

## 2.2.1 Begrunnelse for valgte metoder

Masteroppgavens formål med tilhørende forskningsspørsmål er utformet som åpne spørsmål som videre krever at det tilegnes god innsikt og forståelse for hvordan Systematisk ferdigstillelse blir anvendt i prosjekter og hvordan prosjekter tilrettelegger for at de i større grad kan lykkes med metodikken. Dette, i kombinasjon med at det er lite forskning på temaet, taler for at en eksplorerende tilnærming passet best.

Det var ønskelig å utforske nyanser innenfor Systematisk ferdigstillelse og dermed ble det naturlig at kvalitative metoder ble valgt for å samle inn empiri. Ved bruk av kvalitativ metode står forfatter i tillegg friere til å endre retning på oppgaven hvis ny informasjon dukker opp underveis i arbeidet. Dette ble ansett som en stor fordel, da tematikken er relativt ny for forfatter og det kunne være aktuelt å gjøre endringer etter hvert som kunnskapsnivået økte.

For å få mer innsikt i tematikken ble det ansett som hensiktsmessig å undersøke hvordan Systematisk ferdigstillelse kan gjennomføres i et prosjekt, ettersom forfatter ikke har praktisk erfaring med gjennomføringen av metodikken. Dette er bakgrunnen for at en casestudie av rehabiliteringen av NHH ble valgt som metode. I tillegg vil en casestudie egne seg dersom forskningsspørsmålene er stilt med utgangspunkt i *hvordan* eller *hvorfor* et fenomen oppstår (Yin, 2018, s.11). For å kunne avdekke flere nyanser ved temaet var det et behov for å konsentrere seg om noen få undersøkelsesenheter og dermed ble en kvantitativ metode mindre aktuell. Intervju er valgt som metode for å få flere personers meninger og erfaringer knyttet til Systematisk ferdigstillelse. Det kunne vært aktuelt å gjennomføre en kvalitativ metode som for eksempel spørreundersøkelse og gjennom å utvide antall enheter som blir undersøkt kunne muligheten for generalisering økt. Samtidig er deler ved Systematisk ferdigstillelse relativt nytt i bransjen og forfatter anså muligheten for oppfølgingsspørsmål som essensiell for å kunne skape mer forståelse av temaet.

Jacobsen (2015, s.140) forteller at det kan være svakheter ved å bare anvende én type data. Hvis både primær- og sekundærdata benyttes kan disse brukes til å berike og kontrollere hverandre. Dette er en god beskrivelse på hvorfor det er valgt å gjennomføre litteraturstudie og dokumentanalyse. Eksempelvis kan empirien som blir innhentet i forbindelse med oppgaven vektet tyngre hvis det i tillegg er avdekket i tidligere forskning. Det er dermed valgt en abduktiv tilnærming til informasjonsinnhenting, noe som gir mer fleksibilitet i å verifisere empiriske funn i eksisterende forskning eller teori. En annen fordel ved litteraturstudiet er at det gir

forfatteren økt forståelse for tema og problemstilling. I casestudiet spesielt ble dokumentanalyse ansett hensiktsmessig, da det ga forfatter mer forståelse for rammene til rehabiliteringen av NHH og bidro til at intervjuguiden kunne tilpasses det gitte prosjektet.

## **2.3 Forskningsmetoder**

### **2.3.1 Litteraturstudie**

Forskningsarbeid skal ta utgangspunkt i eksisterende kunnskap (Dalland, 2017, s.222). I forbindelse med masteroppgaven er det derfor gjennomført en omfattende litteraturstudie. Hensikten er å kartlegge relevant teori, samt gi forfatter dypere forståelse for tema og forskningsspørsmål. Litteraturstudien vil også brukes som sammenligningsgrunnlag for empirien som innhentes. I arbeidet med prosjektoppgaven (Nilsen, 2021) ble det gjennomført en tilsvarende litteraturstudie, og denne vil bli gjenbrukt i masteroppgaven.

#### **Søkedatabaser**

Litteratursøket har i hovedsak blitt gjennomført gjennom kjente søkeportaler som er anbefalte av NTNU. I dette studiet har Oria, Google Scholar og Scopus blitt benyttet. På universitetet sitt intranett, Innsida, forklarer de at hos søketjeneste Oria kan en søke i det meste av hva NTNUs universitetsbibliotek har å tilby; bøker, artikler, tidsskrifter, musikk, filmer og elektroniske ressurser m.m. (NTNU Universitetsbibliotek, 2015). På Google Scholar kan en søke etter artikler, avhandlinger, sammendrag m.m. NTNUs Universitetsbibliotek har gjort sine digitale samlinger søkbare via Google Scholar. Scopus er en tverrfaglig referansedatabase med stort utvalg av artikler og konferanserapporter.

#### **Søkehistorikk**

Søkene som har blitt utført har vært konsentrert rundt Systematisk ferdigstillelse og lignende metodikker. Etersom flere av disse metodikkene blir brukt i andre bransjer ble søkene konstruert ved å legge til den boolske operatoren AND og Construction som søkeord. På denne måten har det blitt forsøkt å begrense treffene til innenfor bygg- og anleggsbransjen.

Det teoretiske grunnlaget for denne oppgaven er som nevnt over basert på litteraturstudien som ble gjennomført i forbindelse med prosjektoppgaven (Nilsen, 2021). Tabell 2 viser derfor eksempler på ord som har blitt søkt etter i prosjekt- og masteroppgaven. Hvor mange treff søkene har resultert i er også inkludert i tabellen.



Tabell 2: Søkematrise

Søkeportal	Prosjektoppgave (Nilsen, 2021)		Masteroppgave	
	Søkeord	Treff	Søkeord	Treff
Google Scholar Oria Scopus	«Systematisk ferdigstillelse»	0 2 12	«Lean Design» AND Construction	3780 542 90
Google Scholar Oria Scopus	«Systematic completion»	12 97 438	«Concurrent engineering» AND Construction	41700 5843 964
Google Scholar Oria Scopus	«Systematic completion» AND Construction	3 22 189	“Concurrent Integrated engineering» AND Construction	41700 5843 964
Google Scholar Oria Scopus	«Mechanical completion» AND Construction	110 4088 891	«Samtidig prosjektering»	57 3 -
Google Scholar Oria Scopus	«Mechanical completion» AND Construction AND Commissioning	23 1876 573	«Performance measurement system» AND Construction	23000 3778 5837
Google Scholar Oria Scopus	Completion AND Commissioning AND Lean Construction	1 150 964	«Key Performance Indicators» AND Construction AND Design	62900 9390 331
Google Scholar Oria Scopus	«Completion Management System»	2 10 27	«Building Information Modeling» AND Construction	41500 13415 7370

Snowballing, også kalt nøste-metoden, har blitt benyttet, ettersom flere av søkene resulterte i mange treff. Det vil si at en går inn i referanselister av en relevant artikkel, og søker seg videre (Wohlin, 2014, s.1). I tillegg ble det oppdaget andre søkeord som dekker tematikken ved å gå gjennom relevante referanser i dybden. Disse søkeordene ble hentet ut for å snevre inn søket mer.

### Kildevurdering

Ved funn av potensielt relevant litteratur, ble kildens kredibilitet og egnethet vurdert etter like kriterier. Det var ønskelig at kildens tittel var relatert til litteraturstudiets tematikk, og helst publisert fra et fagfellevurdert tidsskrift eller annen vitenskapelig kilde. I tillegg kunne årstall

for publisering gi et bilde på om kilden fortsatt er relevant i dag. For å få et inntrykk om kilden er relevant til litteraturstudiets tematikk ble forfatter(e), nøkkelord og ekstrakt vurdert.

I videre vurdering av kildene, ble det sett etter IMRAD-struktur og prinsippene i TONE ble fulgt. IMRAD-strukturen er kjent blant vitenskapelige forskningsartikler og innebærer at sakteksten er bygd opp med Introduction, Method, Results og Discussion. TONE-prinsippet innebærer at kildene bedømmes ut fra kriteriene Troverdighet (T), Objektivitet (O), Nøyaktighet (N) og Egnethet (E). Dersom kilden svarer “JA” på samtlige punkter etter en kritisk gjennomgang, står den tryggere som en sikker kilde (NTNU, 2017). TONE-prinsippet beskrives mer detaljert i Tabell 3.

*Tabell 3: Beskrivelse av TONE-prinsippet*

<b>Troverdighet</b>	Forteller noe om sikkerheten til kilden. For å vurdere dette har ulike parametere blitt undersøkt: Forfatterens kompetanse, forlags- og institusjonens kredibilitet, og fagfellevurderinger. Det er viktig å presisere at en kilde med mange siteringer nødvendigvis ikke er en indikasjon på kvalitet.
<b>Objektivitet</b>	Viser til kildens nøytralitet. Ved å vurdere blant annet budskap, hensikten til forfatteren, om informasjonen i samsvar eller i konflikt med informasjon som er kjent fra før og bidragsytere.
<b>Nøyaktighet</b>	Forteller noe om forskningen som kilden bygger på, aktualitet og struktur. Parametere som blir tatt med i vurderingen er kildehenvisning, språk, oppdatering og kontaktinformasjon.
<b>Egnethet</b>	Viser til hvilken grad den aktuelle kilden passer til formålet. Her er innhold, vinkling, detaljer og målgruppe vurdert.

### **Evaluering av valgt metode**

Metoden som er valgt for vurdering av kilder er anbefalt av NTNU og er en vitenskapelig og objektiv metode (NTNU Universitetsbiblioteket, 2015). Svakheten ligger derimot i reliabiliteten, da denne vurderingen kan være subjektivt. Kompetanse på fagfeltet er nødvendig for å kunne evaluere kildens grad av relevans, og det kan være fare for at relevante referanser har blitt sett på som irrelevante. Det ble ikke gjennomført en avgrensning i utgivelsesår av litteraturen, noe som kunne bidratt til flere funn fra nyere tid. Samtidig kunne det medført at eldre litteratur som fortsatt er sett på som relevant ikke ble oppdaget.

Det er kun benyttet tre databaser i søkene og det kunne vært fordelaktig å ta i bruk flere for å identifisere relevant litteratur. Det vil være lettere å undersøke flere av funnene ved at antall databaser begrenses, men samtidig kan forfatter ha gått glipp av funn fra andre databaser. Det må nevnes at søkene har blitt begrenset til litteratur skrevet på norsk og engelsk. Det kan være en svakhet at litteratur på andre språk ikke har blitt oppdaget, men det var ønskelig å unngå risikoen for tolkningsfeil ved å benytte et språk forfatter ikke behersker.

Hensikten med litteraturstudien var å tilegne seg mer kunnskap om temaet, noe forfatter mener metoden har bidratt til. Litteraturstudien har gitt et teoretisk grunnlag som har vært svært nyttig for undersøkelser i andre forskningsmetoder.

### **2.3.2 Dokumentanalyse**

Innsamlet informasjon kan enten være primære eller sekundære data. Primærdata innebærer at forskeren henvender seg direkte til den primære kilden for informasjon, mens sekundærdata er basert på informasjon som er samlet inn av andre (Jacobsen, 2015, s.139-140). Dokumentanalyse brukes om studier av dokumenter og disse kan være casespesifikke, generelle, fra medier eller forskningsdokumenter. Ved å analysere ulike eksisterende dokumenter kan forskeren innhente informasjon om saksforhold fra et spesielt tidspunkt og sted (Tjora, 2017, s.183).

I arbeidet med prosjektoppgaven fikk forfatter tilsendt en erfaringsrapport fra en offentlig byggherre som omhandler deres erfaringer fra byggeprosjekter som benyttet Systematisk ferdigstillelse. Innholdet i rapporten ble ansett som relevant for videre arbeid i masteroppgaven, ettersom ulike prosjekters utfordringer og suksessfaktorer knyttet til Systematisk ferdigstillelse ble kartlagt. I tillegg fikk forfatter tilsendt flere aktørers interne dokumenter som ga innsikt i hvordan de ønsket å gjennomføre et prosjekt med Systematisk ferdigstillelse. Det ble ansett som verdifullt å analysere disse, da de kunne gi et innblikk i hvordan den enkelte aktør tolket sin rolle opp mot gjennomføring av Systematisk ferdigstillelse.

I forbindelse med casestudiet ble det gjennomført en egen analyse av casespesifikke dokumenter. Dette blir forklart nærmere i Kapittel 2.3.3. Erfaringsrapporten som er nevnt over, inneholdt i tillegg et observasjonsstudie fra prosjektet casestudiet omhandler. Det ble sett på som relevant å benytte denne informasjonen til å sammenligne med funnene fra egen studie.

## **Evaluering av valgt metode**

Forskning knyttet til Systematisk ferdigstillelse er begrenset. Det ble derfor vurdert som svært relevant å analysere dokumenter fra aktører som anvender metodikken i sine prosjekter. Analysen av disse dokumentene fungerte som et hjelpemiddel i utarbeidelsen av intervjuguidene.

Erfaringsrapporten som ble analysert har delvis blitt produsert med samme hensikt som det forfatter av denne oppgaven har. Dette innebærer at deler av sekundærdata kan ha verdi, men ikke nødvendigvis alt. I tillegg vil dokumentanalysen være basert på informasjon som er lite spontan. Informasjonen er skriftlig og vil derfor gjøre den mer reflektert. Jakobsen (2015, s.172) forteller at dette kan både være en svakhet og en styrke. Svakheter innebærer at sekundærdata kan være manipulert for å passe til den opprinnelige datainnsamlerens behov, mens styrke kan bety at den er mer gjennomtenkt og bearbeidet. Dokumentanalyse av erfaringsrapporten er vurdert som nødvendig, til tross for at forfatter ikke har fullstendig oversikt over påliteligheten til arbeidet. Bakgrunnen for dette er at erfaringsrapporten ga innsikt i casestudiet som skulle gjennomføres, samt løftet frem relevante aspekter forfatter kunne stille spørsmål om i intervjuer.

### **2.3.3 Casestudie**

En casestudie er en empirisk metode hvor forskeren undersøker et fenomen i sin naturlige kontekst. Metoden egner seg hvis forskeren ønsker å oppnå forståelse av et fenomen gjennom å undersøke kontekstuelle forhold (Yin, 2018, s.15).

Felles for alle casestudier er at fenomenet som undersøkes er avgrenset i tid og rom. Det vil derfor være eksisterende grenser for hva og hvem undersøkelsen inkluderer og ekskluderer. I en casestudie kan forskeren benytte flere fremgangsmåter for kvalitativ og kvantitativ datagenerering (Tjora, 2017, s.41). Det kan eksempelvis være intervjuer, observasjoner, dokumentstudier eller spørreundersøkelser, og Tjora (2017, s.41) anbefaler en kombinasjon disse.

Ifølge Jacobsen (2016, s.105) skiller metoden vanligvis mellom studier av enkeltcase og sammenlignende casestudier. Enkeltcase kan ofte gi detaljerte beskrivelser av virkeligheten og egner seg derfor godt til å utvikle ny forståelse som kan gi mulighet for å fremme nye teorier. Slike studier vil ofte ha et eksplorativt preg. Gjennom å sammenligne caser ønsker forskeren i større grad å etablere kausale sammenhenger mellom fenomener. Begge undersøker situasjoner

avgrenset i tid og rom, men ved sammenlignende casestudier vil det være økt mulighet for generalisering til andre lignende caser (Jacobsen, 2016, s. 99-105).

### **Fremgangsmåte**

I masteroppgaven er hensikten med casestudiet å utforske hvordan Systematisk ferdigstillelse kan bli anvendt i et byggeprosjekt, i tillegg til å undersøke prosjektets forbedringspotensialer innenfor bruk av metodikken. Casestudien er dermed deskriptiv, men med et eksplorativt formål. På grunn av masteroppgavens omfang og tidsbegrensninger, er det kun valgt *ett* caseprosjekt.

I tidligere arbeid (Nilsen, 2021) ble det undersøkt suksessfaktorer og barrierer ved implementering av Systematisk ferdigstillelse i norske byggeprosjekter. Med utgangspunkt i dette var det ønskelig i videre arbeid å undersøke hvordan et prosjekt anvender teorien i praksis. I utvelgelse av case var det derfor sentralt å finne et prosjekt som fokuserte på Systematisk ferdigstillelse og hadde forståelse for metodikken. Et prosjekt av Statsbygg, rehabiliteringen av NHH, ble valgt til casestudien etter innspill fra en kontakt i Statsbygg. Inntrykket forfatter fikk fra Statsbygg var at dette prosjektet hadde lyktes med gjennomføringen av Systematisk ferdigstillelse og at det derfor kunne være interessant å undersøke hvordan de hadde oppnådd det. Utdypende informasjon om rehabiliteringen av NHH er beskrevet i Kapittel 4.

Datagenereringen har bestått av dokumentanalyse og intervjuer av involverte i prosjektet. Dokumentanalysen omfatter dokumentene forfatter fikk tilsendt fra involverte i prosjektet. Disse inneholdt i hovedsak beskrivelser av prosjektet, krav fra byggherre, totalentreprenørens gjennomføringsmodeller og presentasjoner knyttet til Systematisk ferdigstillelse som ble benyttet i prosjektet. Dokumentstudiet ga mer innsikt i prosjektet, og på den måten var det mulig å stille mer forberedt til intervjuene som ble gjennomført med involverte aktører.

Forslag til informanter som kunne være aktuell å intervjuer ble gitt av Statsbygg. Den første informant ble kontaktet i starten av mars 2021 og totalt ble ti informanter kontaktet hvorav syv av disse bekreftet at de ønsket å bli intervjuet om prosjektet. Informanter fra følgende aktører har blitt intervjuet i casestudien:

- Byggherre
- Prosjekteringsgruppen
- Totalentreprenør

Ved uklarheter eller behov for å diskutere mer ble informantene kontaktet på mail for å avtale et nytt møte over video eller telefon. Ved noen anledninger var svar på e-post tilstrekkelig.

Resultatene fra casestudien ble sendt til alle informantene for innspill og tilbakemeldinger på innhold. Mer detaljert fremgangsmåten for intervjuene vil bli beskrevet i Kapittel 2.3.4, ettersom det er gjennomført flere intervjuer utover casestudien som har lik fremgangsmåte som caseintervjuene.

### **Evaluering av valgt metode**

Det ble valgt å kun gjøre *ett* casestudie av et prosjekt. En svakhet med å kun gjennomføre *ett* er at det vil være vanskeligere å generalisere funnene kun basert på casestudiet. Metoden ga likevel forfatter mer innsikt i hvordan Systematisk ferdigstillelse kan bli anvendt i et prosjekt og hvilke utfordringer som kan oppstå. Dette bidrar til økt validitet i dataen som er innhentet.

Dokumentene som ble undersøkt i casestudiet kom direkte fra kilden som var ansvarlig eller medvirkende i prosjektet, noe som øker reliabiliteten til dataene. Dokumentene bidro til innsikt i prosjektet, men i noe begrenset grad. Derfor ble det ansett som nødvendig å gjennomføre intervjuer i tillegg, slik at forfatter kunne stille spørsmål om aspekter som ikke fremkom i dokumentene.

Den største andelen av data som er innhentet kommer fra syv informanter som representerer tre involverte aktører i prosjektet. Informantene hadde vært engasjert i prosjektet lenge og flere var involvert i prosesser knyttet til Systematisk ferdigstillelse. Dette bidro til økt reliabilitet i informasjonen som ble innhentet fra informantene.

Ved å diskutere med enda flere aktører i prosjektet, kunne forståelsen av prosjektets gjennomføring med Systematisk ferdigstillelse øke. Samtidig anbefaler Dalland (2017, s.76) at antallet intervjupersoner ikke skal være for stort og at hvis informasjonen blir for begrenset kan heller antallet økes. Faren med å kun intervju med en eller to er at svarene kan være subjektive. Derfor er det vurdert til at syv intervjuer har vært en styrke, ettersom at flere perspektiver på prosesser som ble gjennomført kunne belyses.

### **2.3.4 Dybdeintervju**

Intervju som forskningsmetode egner seg godt til å belyse enkeltindividers oppfatning av et tema (Jacobsen, 2015, s.146). Ettersom metodikken Systematisk ferdigstillelse er relativt ny i bygg- og anleggsbransjen ble det sett på som hensiktsmessig å intervju bransjerepresentanter for å få fram deres erfaringer og kunnskap knyttet til metodikken.

Hensikten med dybdeintervjuer er å skape relativt fri samtale som kretser rundt noen spesifikke temaer som forskeren har bestemt på forhånd. Gjennom en samtale mellom to personer forsøker det kvalitative intervju å få informanten til å reflektere over egne erfaringer og meninger knyttet til det aktuelle temaet for forskningen. Dybdeintervjuer vil være hensiktsmessig hvis det er ønskelig å utforske nyanser i opplevelser og erfaringer (Tjora, 2017, s. 113-114). Dalland (2017, s. 63-64) viser til at målet med samtalen er ikke kun å utveksle synspunkter om temaet, men også å skape mening og forståelse som igjen fører til kunnskap.

### **Fremgangsmåte**

I arbeidet med masteroppgaven har det totalt blitt gjennomført nitten dybdeintervjuer, og alle kan regnes som semistrukturerte. De første syv intervjuene ble gjennomført i forbindelse med casestudiet, disse vil bli omtalt som caseintervjuer fremover. Etter at informasjonen fra casestudiet hadde blitt bearbeidet, ble det ansett som hensiktsmessig å diskutere funnene og innhente andres synspunkter på tematikken. Det ble derfor gjennomført tolv dybdeintervjuer av representanter fra bransjen som ikke var involvert i casestudiet av Rehabiliteringen av NHH.

Alle intervjuene ble planlagt på forhånd og en intervjuguide med tema og disposisjon for intervjuene ble utformet (se vedlegg A for casestudiet og vedlegg B for de andre intervjuene). Intervjuguiden for casestudiet tok utgangspunkt i informasjonen innhentet gjennom dokumentanalysen, mens intervjuguiden for de generelle tok utgangspunkt i funn fra casestudien og forskningsspørsmålene. Under intervjuene var det ikke alle spørsmålene som ble stilt til alle intervjuobjektene. Intervjuguidene fungerte derfor mer som en veiledning underveis i intervjuene.

Målet med semistrukturerte intervjuer er å samle informasjon om noen sentrale temaer, samtidig som intervjueren underveis i samtalen er åpen for å utforske nye temaer som dukker opp (Wilson, 2014). Ettersom litteraturen knyttet til Systematisk ferdigstilling opplevdes som begrenset var det viktig å kunne ha en åpen samtale om temaet og en mulighet for å kunne stille oppfølgingsspørsmål.

Utvalget av informanter knyttet til casestudiet er forklart i kapittel 2.3.3. For de andre intervjuene ble informantene valgt etter anbefaling fra veileder og andre eksterne bidragsytere forfatter ble kjent med gjennom arbeidet med prosjektoppgaven høsten 2020. *Snowballing* har som i likhet med litteraturstudiet blitt benyttet som utvalgsmetodikk. Dette innebærer forfatter har fått innspill til nye informanter fra førstekontaktene. Tjora (2017, s.135) forklarer at dette

er en hensiktsmessig metode der det kan være vanskelig å rekruttere tilstrekkelig utvalg før studien starter, noe som var tilfellet forfatter opplevde i begynnelsen av arbeidet med masteroppgaven.

I utvelgelsen har det vært fokus på å intervju forskjellige aktører som tradisjonelt blir involvert i et byggeprosjekt og kan ha en rolle opp mot Systematisk ferdigstillelse. Følgende aktører har blitt intervjuet:

- Byggherre
- Driftsorganisasjon
- Rådgivende ingeniører
- Entreprenør

I tillegg har det vært et ønske om at informantene skulle ha bred erfaring og det ble derfor vektlagt å intervju personer med middels til lang fartstid i bransjen. Arbeidserfaring utvalget representerer er:

- Prosjektledelse
- Prosjekteringsledelse
- Teknisk rådgivende ingeniører
- Teknisk fagarbeider
- Koordinering Integrerte tekniske bygningsinstallasjoner (ITB)
- Systematisk ferdigstillelse i Olje- og gassbransjen

Alle intervjuobjekter, både i casestudien og øvrige, ble kontaktet via epost og de ble informert om bakgrunnen for oppgaven og hva datamaterialet ville brukes til. På grunn av den pågående koronaepidemien ble alle intervjuer utført digitalt over plattformen Microsoft Teams og lengden på intervjuene var omtrent 90 minutter. Alle intervjuene var individuelle, noe som tillot mer fokus på hver enkelt informant. Det ble valgt å ta lydopptak av alle intervjuer, men kun der tillatelse ble gitt av informantene enten på mail eller muntlig i forkant av intervjuet. Informantene fikk i tillegg informasjon om at lydopptakene ville bli slettet ved innlevering av oppgaven og at de ville bli anonymisert. Et lydopptak bidrar til intervjueren at intervjueren kan fokusere på sikre god kommunikasjon og flyt i intervjuet samt be om utdyping og konkretisering der det er nødvendig. Forfatter opplevde at de fleste godtok lydopptak og i de tilfellene der samtykke ikke ble gitt ble det notert underveis i intervjuet. Masteroppgaven behandler i svært liten grad personopplysninger som kan knyttes til intervjuobjektene, men på grunn av lydopptakene ble prosjektet meldt inn til Norsk Senter for Forskningsdata (NSD) før intervjuprosessen.



I etterkant av intervjuene ble det gjennomført en fullstendig transkribering av lydopptakene. Med fullstendig menes det at hvert ord ble notert, slik at forfatter i større grad kunne oppleve intervjusituasjonen igjen og se for seg kroppsspråk og uttrykk som hørte situasjonen til. Transkriberingen var en tidkrevende prosess, men ble ansett som nødvendig for å utvikle fortrolighet med datasettet. Uten dette vil det bli vanskelig å analysere det i videre arbeid med masteroppgaven.

### **Evaluering av valgt metode**

Antall intervjuer gjennomført totalt er nitten. Syv intervjuer i forbindelse med casestudiet og tolv intervjuer med et mer overordnet fokus. Informantene kommer fra ulike aktører i bransjen og har varierende erfaring og utdanning. Systematisk ferdigstillelse er relevant for flere aktører og det anses derfor som en styrke at utvalget var variert. I tillegg har informantene førstehåndserfaring med Systematisk ferdigstillelse og alle kan dermed dele erfaringer knyttet til problemstillingen og forskningsspørsmålene. Dette øker validiteten til dataen som er innhentet. En svakhet ved utvalget er at aktører eller personer som er negative til Systematisk ferdigstillelse ikke er representert. Mengden informanter er heller ikke svært omfattende, og det er derfor stilt spørsmål ved om en kan generalisere funnene i Norge.

Ettersom forfatter har lite erfaring med å planlegge og gjennomføre intervjuer, samt begrenset erfaring rundt temaet, kan det hende at viktige oppfølgingsspørsmål har blitt oversett. Intervjuene ble gjennomført på en digital plattform, noe som kan hindre den naturlige flyten som man i større grad oppnår ved fysiske intervjuer. Momenter som kroppsspråk, toneleie og gestikulasjoner kan bli tapt ved at de ble gjennomført digitalt. Samtidig hadde alle informantene erfaringer med å bruke videokonferanse og var positive til å bli intervjuet digitalt. I tillegg var det svært positivt at digitale intervjuer muliggjorde at forfatter kunne intervjuer aktører fra hele landet.

Intervjusituasjonen vil alltid kunne være preget av en asymmetrisk maktbalanse, som vil si at det ikke vil være en likevekt mellom informant og intervjuer i et kvalitativt forskningsintervju (Kvale og Brinkmann, 2015, s.51). Forfatterens rolle som student kan ha påvirket det asymmetriske maktforholdet, men det var et bevisst valg å fremme at intervjuer hadde rollen som student. Under intervjuene kom det tydelig frem at intervjuer ikke var ekspert på området, men heller gledet seg over å lære av det informantene fortalte. På grunn av blant annet dette har forfatter fått inntrykk av at intervjusituasjonen ble opplevd som en trygg arena for å dele sine

tanker og refleksjoner. Denne antagelsen styrkes ved at alle informantene ønsket å bidra mer hvis det skulle være behov etter intervjuene.

En mulig feilkilde i resultatene fra intervjuene er at informantene kan ha ulike interesser som leder dem til å ikke fortelle sannheten (Jacobsen, 2015, s.230). Dette kan spesielt være relevant for intervjuene som ble gjennomført i forbindelse med casestudiet, ettersom det kan være et ønske om å fremstille egen aktør best mulig. Forfatter opplevde flere ganger at informantene i casestudiet uoppfordret fortalte hvordan deres rolle kunne blitt gjort bedre, og det er derfor vurdert at informantene har hatt en vilje til å gi riktig informasjon.

Lydopptak av intervjuene har vært essensielt for å gjengi og sammenligne svarene. Under et semi-strukturert intervju kan samtalen spore av, og intervjuerens fokus på å lede samtalen kan derfor minke hvis det skal tas notater av alt underveis. Dette kan føre til intervjueren mister oversikt og muligheten til å tolke svarene underveis (Dalland, 2017, s.85). Der samtykke om lydopptak ikke ble innhentet eller godkjent ble notering benyttet. Resultatene fra disse intervjuene har mindre reliabilitet enn fra de med lydopptak.

## **2.4 Analyse av empirisk materiale**

Tematisk analyse er benyttet for å analysere og bearbeide informasjonen som er samlet inn gjennom intervjuer og dokumentanalyse. I en tematisk analyse av informasjonen som er innhentet lages en liste over de temaene som det er ønskelig å belyse for å kunne svare på problemstillingen og forskningsspørsmålene. Når det er gjennomført flere intervjuer hentes det for hvert tema svar fra de enkelte intervjuene. I analysen er det viktig at alle svar som angår et tema blir inkludert (Dalland, 2017, s.92).

### **Fremgangsmåte**

Intervjuguiden var et hjelpemiddel for å etablere temaer, ettersom de fleste spørsmålene var utformet med utgangspunkt i forskningsspørsmålene og var stilt til alle intervjuobjektene. Rent praktisk ble den tematiske analysen gjennomført ved å kopiere svar fra transkripsjonene og «lime» det inn under det aktuelle temaet.

Eksempler på temaer som ble benyttet i bearbeidingen av informasjonen fra casestudiet var *samspillsfase*, *samløkalisering* og *bordtest*. I de andre ikke caserelaterte intervjuene kunne det være temaer som *endringssmotstand* og *tidlig involvering*. Der det var hensiktsmessig ble de enkelte temaene delt opp i videre undergrupper for å gjøre det enklere å analysere. Formålet

med ulike temaer er å gjøre datasettet mer tilgjengelig, da et kvalitativt datasett basert på intervjuer ofte er store. Datasettet kan i tillegg være komplekst og inneholde alt fra meninger, handlinger, hendelser og følelser blant annet. Videre vil en gjennom temaer oppdage at de ulike svarene har forskjellige tyngde. Dersom en type svar går igjen hos flere informanter, vil dette selvsagt vektes tyngre enn om det kun kom fra én informant. Uten tematisk analyse av transkripsjonene kan datamengden oppleves svært overveldende, og det ville blitt vanskelig å kunne sammenligne ulik informasjon og knytte det opp mot teorier for å best mulig besvare forskningsspørsmålene.

## **2.5 Samlet vurdering av forskningsdesignet og etiske betraktninger**

Ulike metoder har blitt benyttet for å undersøke oppgavens tre forskningsspørsmål, og det har dermed blitt gjennomført en metodetriangulering. I første del av undersøkelsen har det blitt utført en intensiv casestudie. Gjennom virkelighetsnære beskrivelser fikk forfatter god forståelse av ulike fenomener og sammenhenger. Det var ønskelig at kunnskapen som ble tilegnet gjennom casestudiet skulle testes i et større utvalg for å undersøke om det var relevante funn utover caseprosjektet. Derfor ble det valgt å gjennomføre nye intervjuer med et annet utvalg av informanter. Antall nye informanter er vurdert til å ikke være stort nok for å kunne generalisere, men resultatene kan vektes tyngre hvis det er sammenhenger. Forfatter mener at trianguleringen har bidratt positivt til å heve kvaliteten på forskningsdesignet. Samtidig er det utfordringer som kan medføre lavere kvalitet, deriblant forfatterens minimale erfaring med forskning. Det kan hende forfatter har gått glipp av viktig og relevant informasjon under intervjuene eller i litteratursøkene. Basert på evalueringene av hver forskningsmetode mener forfatter likevel studien samlet sett har god validitet og reliabilitet. Arbeidet som har blitt utført og empirien som er innhentet treffer formålet med masteroppgaven og bidrar til å besvare forskningsspørsmålene.

Gjennom hele forskningsprosessen har forfatter strebet etter å ha en høy etisk standard. I analysen har det vært fokus på å ikke dra egne beslutninger på bakgrunn av hva informantene har sagt. Siden prosjektet i casestudien ikke er anonymisert, fikk informantene i casestudiet mulighet til å kunne gi tilbakemeldinger på arbeidet som blir presentert i masteroppgaven.

Et av de viktigste etiske aspektene ved denne oppgaven er intervjuobjektene. Alle som har deltatt i intervjuene har ønsket å bidra og gitt samtykke til lydopptak der det har blitt benyttet.

Forfatter behandler i liten grad personopplysninger, men prosjektet ble likevel meldt inn til NSD. Underveis i arbeidet har det blitt etterstrebet å opprettholde anonymiteten til intervjuobjektene og det er kun forfatter som har tilgang til transkriberingen. Informantene i casestudiet som kan være mulig å identifisere, ettersom prosjektet ikke har blitt anonymisert. Derfor ble det hentet inn samtykke på mail og muntlig på om prosjektet kunne være offentlig. Lydopptak og transkripsjonene har blitt slettet etter at masteroppgaven ble levert inn til sensur.

## 3 Teori

I teorikapittelet vil det teoretiske grunnlaget for masteroppgaven presenteres. Det vil først gis et innblikk i Lean og idriftsetting, og deres betydning i bygg- og anleggsbransjen. Lean og idriftsetting er først og fremst valgt med bakgrunn i at litteraturen knyttet til Systematisk ferdigstilling spesifikt er begrenset, men også fordi det finnes flere likhetstrekk mellom disse tematikkene. Deretter vil Systematisk ferdigstilling redegjøres for og videre presentere erfaringer fra prosjekter som har tatt i bruk metodikken. Avslutningsvis vil teorikapittelet ta for seg prosjekteringsprosessen. Først vil det gis et innblikk i utviklingen fra tradisjonell til samtidig prosjektering og deretter vil ulike verktøy som kan bistå prosjekteringsarbeidet presenteres kort. utfordringer knyttet til prosjekteringsfasen avslutter underkapittelet.

Deler av teorikapittelet er hentet fra prosjektoppgaven (Nilsen, 2021), ettersom det allerede var gjennomført en litteraturstudie knyttet til Lean, Idriftsetting og Systematisk ferdigstilling. Alle kapitlene har likevel blitt revidert for å passe masteroppgavens formål.

### 3.1 Lean

I Modig og Åhlströms bok «Dette er Lean» innfører forfatterne konseptet effektivitetsparadokset og hevder at de fleste organisasjoner har misforstått hva effektivitet egentlig er. I flere organisasjoner er fokuset på effektiv utnyttelse av ressurser høyt og Niklas og Modig mener at dette fører til at organisasjonene skaper merarbeid for seg selv. I ressurseffektive organisasjoner er det ønskelig med høy kapasitetsutnyttelse, og kundereisen deles ofte opp i flere deletapper, der ulike avdelinger får ansvaret for hver etappe. Det som skaper utfordringer med denne tilnærmingen, er at det som er effektivt for hver enkel etappe ikke nødvendigvis er mest effektiv for helheten. Oppdelingen kan i flere tilfeller føre til ekstra behov for ressurser, arbeid og tid. I følge Modig og Åhlström er effektivitetsparadokset at organisasjoner tror de utnytter ressursene effektivt, samtidig som de faktisk sløser, ettersom mye av utnyttelsesgraden kommer fra overflødig arbeid og ikke-verdiskapende aktiviteter (Modig og Åhlström, 2012).

En strategi for å løse effektivitetsparadokset er et konsept som kalles Lean. Gjennom å etablere flyt og fokusere på kontinuerlig forbedring ønsker Lean-filosofien å levere kunde verdi med minimalt tap av ressurser (Wig, 2013, s.38). Modig og Åhlström definerer Lean som en strategi der flyteffektivitet prioriteres over ressurseffektivitet spesielt (2012, s.125). Flyteffektivitet innebærer å innrette ressursene etter flytenhetene. Det vil si at flytenhetene ikke skal vente mellom ressursene, men få verdioverføring fortløpende. Avhengig av bransje kan en flytenhet være for eksempel et menneske, produkt eller informasjon. Hovedforskjellen mellom flyt- og ressurseffektivitet er derfor om organisasjonen tilpasser seg flytenheten (flyteffektivitet) eller om flytenheten må tilpasse seg organisasjonen (ressurseffektivitet) (Modig og Åhlström, 2012).

Begrepet Lean ble først introdusert gjennom John Krafcik sin forskning i 1988. Krafcik avkreftet myten om at stordriftsfordeler og avansert teknologi øker produktiviteten, og viste i stedet for at høy produktivitet og kvalitet ble skapt på fabrikker som hadde enkel teknologi og hvor lagerbeholdningen var lav (Modig og Åhlström, 2012, s.77). Krafciks idéer ble noen år senere videreutviklet i en studie av bilindustrien foretatt av Universitetet MIT. Studiet innebar en sammenligning av bilprodusenter over hele verden. Forskerne fattet spesielt interesse for det japanske selskapet Toyota sin måte å organisere produksjonen på, da de tydelig skilte seg ut fra resten av bilprodusentene ved å prestere i særklasse på flere områder. Studiet resulterte i boken «The Machine that Changed the World» (1999) av Womack, Jones og Ros, og som presenterte en dyptgående oversikt over hva Lean eller slank produksjon handlet om. Slank fordi forskerne observerte at gjennom flyt og visuell styring hadde Toyota minimalisert lager og ressurser knyttet til materialer, arealer og utstyr, og fjernet mye av styringsbyråkratiet som preget vestlige selskaper (Wig, 2013, s.38).

## **3.2 Lean Construction**

Til tross for at Lean ble utviklet og først kjent i produksjonsindustrien, har konseptet blitt tilpasset andre funksjoner og bransjer. For bygg- og anleggsbransjen ble mange av tankene fra produksjonsindustrien, deriblant Lean, avvist i lengre tid (Howell, 1999, s. 4). Begrunnelsen var at produktet i bygg og anlegg skiller seg fra annen produksjon siden det er unikt fra gang til gang. I tillegg er produksjonsstedet (anleggsplassen) og organisasjonen ny hver gang. Videre er endring av tanke- og handlingsmønstre krevende. Koskela *et al* (2002, s. 221-222) mener dette gjelder særlig bygg- og anleggsbransjen med sin tradisjonelle arbeidsfilosofi. Han forteller videre at endring av prosedyrer, teknikker og systemer er enklere, men den virkelige

utfordringen er endring av mentalitet. Alt dette førte til at det tok lengre tid før Lean fikk innpass i bygg- og anleggsbransjen.

I internasjonal sammenheng betegnes Lean innenfor byggebransjen som Lean Construction. The Construction Industry Institute (u.å) definerer Lean Construction som:

*«En kontinuerlig prosess for å eliminere ikke verdiskapende aktiviteter, imøtekomme eller overgå kundens krav, fokusere på hele verdistrømmen og søken etter den perfekte utførelsen av et byggeprosjekt.»*

Etableringen av Lean Construction hadde som mål å reformere bygg- og anleggsbransjen. Kalsaas (2017, s.27) skriver at i den forbindelse lanserte Lean Construction Institute i 2004 «de fem store ideene» knyttet til hvordan prosjekter overordnet sett burde organiseres og gjennomføres. De fem ideene er som følgende:

1. Gjør den sosiale relasjonen mellom partene bedre (ikke trekk hverandre som fremmede og forlat hverandre som uvenner)
2. Optimaliser helheten, ikke delene (unngå suboptimalisering)
3. Lage et nettverk av forpliktelser (alle er avhengige av hverandre og forpliktet overfor hverandre)
4. Praktiser virkelig samarbeid (deling av risiko og fordeler)
5. Etabler tett kobling mellom læring og handling (læring i nåtid - kontinuerlig forbedring)

I BA2015 sin veileder (Kristensen, 2016) om Lean i byggeprosjekter trekkes det frem tre andre aspekter som er essensielle for Lean i bygg- og anleggsbransjen; verdiskapning, sløsing og flyt:

### **Verdiskapning**

Lean forutsetter å maksimere verdi og innebærer i størst mulig grad å oppfylle kundenes behov, med de begrensningene som eksisterer og med minst bruk av ressurser. Siden verdiskapningen for sluttbruker henger sammen med selve hensikten til prosjektet, mener Kristensen (2016, s.11) at prosjekter er avhengig av å fokusere på nettopp denne verdiskapningen og samtidig akseptere at den kan endres med tid. Gitt at verdiskapningen for kunden og sluttbruker ivaretas, vil verdiskapningen for andre aktører i prosjektet ofte bli koblet opp mot økonomi. I Norge har byggeprosjekter ofte en økonomi som er lukket og låst ved prosjektets oppstart og derfor vil de

primære faktorene aktørene i prosjektet har for å maksimere sin verdi være å redusere sløsing og øke flyten i prosessene (Kristensen, 2016, s.11-15).

### **Sløsing**

Sløsing er alle aktiviteter som bruker ressurser, men som ikke skaper verdi. I tillegg kan sløsing tolkes som en aktivitet som bruker ressurser, men som medfører tap av verdi (Kristensen, 2016, s.16). Howell (1999, s. 4) forklarer at sløsing i bygg- og anleggsbransjen kommer fra en aktivitetsfokuseret tankegang som innebærer å holde et intenst press på hver eneste aktivitet. Dette har bakgrunn i en oppfatning om at tids- og kostnadsreduisering i alle etapper er nøkkelen til forbedring. Ifølge Howell (1999, s. 4-5) vil et overdrevet fokus på aktiviteter i stedet for helheten føre til at sløsing som blir generert mellom pågående aktiviteter i byggeprosjekter ikke oppdages. Kristensen (2016, s.16) har definert ulike kategorier av sløsing som erfaringsvis dukker opp i produksjonen eller i prosjekteringen hos bygg- og anleggsprosjekter. Blant disse er «Making do» eller «støpesjuka», som vil si sløsing forbundet med det å sette i gang med en aktivitet, uten at alle nødvendige forutsetninger er til stede. Andre kilder til sløsing er venting, overproduksjon som kan gi dårligere kvalitet, eller feil som fører til at aktiviteter må gjøres om igjen.

Lenge har byggebransjen hatt en aktivitetssenteret tilnærming til prosjektstyring, der optimalisering blir gjort aktivitet for aktivitet. Denne tradisjonelle tilnærmingen legger kun vekt på aktiviteter og ignorerer flyt og verdiskaping. I en Lean byggebransje derimot søkes det mot å optimaliseres flyten mellom alle disse aktivitetene (Howell, 1999, s. 4).

### **Flyt**

For byggeprosjekter er en praktisk forståelse av flyt at alt går etter planen. Gjennomføringen av både prosjektering og produksjon i et byggeprosjekt vil med et detaljert fokus som oftest gå i rykk og napp, og med variasjon i og mellom oppgavene (Kristensen, 2016, s. 17). For å oppnå flyt søker Lean Construction å legge inn buffere i planene slik at variasjon og nødvendig rykk og napp blir ivaretatt i prosjektet. I stedet for den aktivitetssentrerte tankegangen som er nevnt over vil en Lean-tankegang vite om planleggingen i seg selv er under kontroll. Dette innebærer blant annet planlegging for ekstra kapasitet, og i hvilken grad byggeprosessen og prosjektering i seg selv bidrar til verdiskaping for kunden (Howell, 1999, s.7). God flyt forutsetter at prosjektet planlegger godt med felles planer for de involverte og følger opp produksjon heretter. Flyten skal i tillegg være pålitelig og forutsigbar i hele leverings- og produksjonskjeden.



Hensikten med å fokusere på flyt er å redusere ventetid mellom hver prosess og effektivisere selve kjerneprosessene. Dette vil føre til at prosjektet sparer tid, samtidig som kvaliteten økes (Kristensen, 2016, s.17).

### **3.2.1 Metoder og teknikker**

I de senere årene har det blitt utviklet flere ulike metoder og teknikker for bruk av Lean Construction i bygg- og anleggsbransjen. Alle vil ikke bli nevnt i dette underkapittelet, men det vil bli gitt en kortfattet forklaring til de som er aktuell for oppgaven.

#### **Last Planner System**

Last Planner System er en metode for å planlegge og styre flyten i prosjektbasert produksjon og er en sentral del av Lean Construction (Kalsaas, 2017, s.35). Å arbeide systematisk med å fjerne potensielle hindringer før de blir reelle for utførende ligger sentralt i Last Planner System. Navnet Last Planner refererer til utførende entreprenører som skal involveres i planleggingen av sin egen hverdag. Involvering er dermed et viktig underliggende prinsipp og blant norske entreprenører har Last Planner System derfor fått betegnelsen involverende planlegging (IP) (Kalsaas, 2017, s.29-35).

Last Planner ble utviklet av Glenn Ballard med mål om å forbedre planlegging av produksjon i byggeprosjekter. Forskning gjort av Ballard viste at omkring halvparten av planlagte aktiviteter i store og komplekse prosjekter ble gjennomført i henhold til plan. De resterende aktivitetene avvek fra planen og skapte uforutsigbarhet i prosjektgjennomføringen (Kalsaas, 2017, s.36). Den lave planpåliteligheten var et av utgangspunktene for å måle Prosent Planlagt Utført (PPU), et av elementene i Last Planner System. PPU er en prosentvis fremstilling av antall fullførte aktiviteter, sammenlignet med antall planlagt utførte oppgaver (Ballard og Tommelein, 2016, s.20). PPU gir derfor planleggerne en indikasjon på hvor realistiske planene egentlig var og et utgangspunkt for analyse av årsaker til hvorfor arbeidsoppgaver ikke blir gjennomført i henhold til planen (Ballard, 2000, s. 3-4). For mer detaljert beskrivelse av Last Planner System og andre elementer som inngår anbefales Ballard og Tommelein (2016) eller Kalsaas (2017).

#### **Taktplanlegging**

Taktplanlegging som planleggingsprinsipp er en av metodene som har blitt testet ut så langt i Norge. Taktplanlegging innebærer å planlegge hver arbeidsoperasjon i hver kontrollsonerasjonelt. Metoden kan visualiseres som et tog med et bestemt antall vogner, der vognene representerer ulike fag, som kjører gjennom definerte områder i bygget i en bestemt takt.

Hensikten er å øke forutsigbarheten i prosesser gjennom å planlegge jevn produksjon innenfor hvert kontrollområde og en jevn veksling i tid og sted mellom aktørene som er involvert i prosessene (Kristensen, 2016, s. 22).

Kristensen påpeker at denne teknikken er i utgangspunktet tilpasset produksjon, men kan overføres til prosjektering (Kristensen, 2016, s. 22). I prosjekteringen kan det innebære at prosjekteringen planlegges og gjennomføres med hensyn til prosjektets oppdeling i kontrollområder og produksjonsfaser. Det vil si at arbeidsunderlaget for kontrollområdet skal være ferdigstilt og tverrfaglig koordinert i god tid før oppstart produksjon i kontrollområdet. Dette vil gjelde alle aktiviteter i kontrollområdet, selv om enkelte aktiviteter kan ha senere oppstart innenfor området (Hent, 2019, s.5).

### **Bakoverplanlegging**

Kristensen (2015, s.21) definerer bakoverplanlegging som en teknikk hvor en starter planleggingen ved prosjektets slutt og planlegger prosessene baklengs. Gjennom aktiv spørreteknikk vil en avdekke hva som må gjøres rett før siste planlagte aktivitet. Teknikken vil være spesielt givende når alle involverte aktører er til stede på felles arbeidsmøter og bidrar til å identifisere viktige prosesser. En slik felles planlegging vil kunne medføre økt forpliktelse til planene som er etablert (Kristensen, 2016, s.21).

### **BIG-ROOM og strukturerte samlokaliseringsprosesser**

Andre virkemidler som bidrar til synlighet, åpenhet, samhandling og informasjonsutveksling er BIG-ROOM og strukturerte samlokaliseringsprosesser. Et BIG-ROOM er som navnet tilsier et stort rom, hvor aktørene ser hverandre like godt og hvor veggene er bekledd med relevante planer og audiovisuelt utstyr. Strukturerte samlokaliseringsprosesser handler om å kontraktuelt sikre at sentrale aktører jobber fysisk sammen samtidig. Hensikten med både BIG-ROOM og samlokalisering er økt grad av synlighet, effektivitet og produktivitet mellom aktørene og i tillegg direkte tilgang til planer for å unngå misforståelser og tap av tid (Kristensen, 2016, s. 25-26).

## **3.2.2 Erfaringer fra Lean Construction i byggeprosjekter**

Som nevnt innledningsvis i dette underkapittelet er endring av tidligere arbeidsmetoder en av utfordringene prosjekter kan møte når de implementerer Lean Construction (Koskela *et al*, 2002, s.221-222). En studie av tolv chilenske byggefirmaer, gjennomført av Alarcón *et al*

(2002, s.8) viser at motstand mot endring er en stor hindring ved implementering av Lean Construction og Last Planner eksplisitt i disse prosjektene. Endringsmotstanden ble synliggjort gjennom aktørers negative reaksjoner på det teoretiske rammeverket. I tillegg var det ikke et ønske om å involvere underentreprenører i planleggingsmøter. For prosjekter i Nigeria, studert av Ahiakwo *et al* (2003, s. 703), var mangel på motivasjon for endring også en essensiell barriere. Bakgrunnen for motstanden var at aktørene var skeptiske til hvilke fordeler Lean Construction kunne gi. Dette synet på motstand mot endring støttes av flere andre forskere (Cano *et al*, 2015, s.636; Hamez, 2009, s.227), og Ballard *et al* (2007, s. 263) mener motstand mot endring er en av de største implementeringsutfordringene hos en byggebedrift.

En annen utfordring Ahiakwo *et al* (2003, s.703) oppdaget i Nigeria var mangel på ledelse. For prosjekter som tar i bruk Lean Construction viser litteraturen at en sterk ledelse er et viktig element for å lykkes. En ledelse som er involvert og engasjert vil legge til rette for menneskelig interaksjon, informasjons- og erfaringsoverføring, og vil gjøre dynamiske og komplekse miljøer mer oversiktlige (Bhatt, 2001, s.74). En viktig årsak til at ledelsen må være involvert og støtte endringsprosessene er at de øverste beslutningene tas av ledelsen og i tillegg setter de eksempler til etterfølgelse for resten av organisasjonen. Ledelsens involvering vil føre til at resten av organisasjonen blir tryggere og får økt tro på de nye prosessene som blir innført. Hvis Lean Construction ikke er forankret i ledelsen vil det være større sannsynlighet for at det ikke blir ordentlig implementert (Brady, Tzortzopoulos og Roookl, 2011, s.2). Ledelsen må i tillegg forstå hva Lean Construction er og ha energi til å følge opp tiltakene som blir satt i gang. Deres dedikasjon vil være viktig for at nye tiltak som blir implementert ikke gis opp for fort (Hagen, 2017, s. 75).

Videre tilsier erfaringer at ledelsen bør legge til rette for god planlegging før og underveis i et byggeprosjekt. Effekten av tilstrekkelig planlegging, der aktiviteter som skal utføres og varigheten til disse er oversiktlig, vil være stor. En grundig planlegging vil føre til at selve byggingen starter opp senere, men selve prosjektet vil i de aller fleste tilfeller bli ferdig tidligere. Bakgrunnen til dette er at god planlegging vil i større grad forberede prosjektet på problemer som oppstår underveis i prosjektløpet og som vanligvis bidrar til forsinkelser. Hvis alle aktiviteter som må til for å nå det endelige resultatet er kartlagt vil det være lettere å gjøre forbedringer og minsker sjansen for å gjøre feil underveis (Hagen, 2017, s. 76).

Andre elementer som har vist seg å være viktig i prosjekter med Lean Construction er transparens og involvering. I følge Koskela (1992, s.21) kan begge disse bli brukt for å motivere

organisasjonen til å gjøre forbedringer og redusere risikoen for at feil og mangler oppstår. Involvering og transparens vil kunne gi til økt ansvarsfølelse og bevissthet til resten av organisasjonen, og feil og mangler kan bli tidligere oppdaget (Hagen, 2017, s. 38). Transparens og involvering trekkes også frem i Salem *et al* (2006, s.171) sin casestudie av et byggeprosjekt i Ohio, USA. I starten av prosjektet viser funnene fra studiet at aktører ikke ble regelmessig informert om aktivitetens sluttdatoer og som videre medførte en negativ atmosfære. Senere i prosjektet ble sluttdatoene hengt opp over hele byggeplassen og effekten av dette var at aktørene fikk en større tilhørighet til prosjektet som helhet.

Involvering kan i tillegg ha en positiv effekt på endringsmotstand gjennom at en høy grad av involvering i planleggingen vil medføre at andre i organisasjonen kan foreslå en god del av forbedringene selv. Ledelsen vil derfor kunne oppleve en mindre motstand mot nye tiltak sammenlignet med når ledelsen kun planlegger for seg selv (Hagen, 2017, s.78). For eksempler på hvilke aktører som er viktig å involvere viser Bygballe og Swärd (2014, s.10) til blant annet underentreprenør. Gjennom en casestudie av flere byggeprosjekter fant de ut at i de prosjektene som hadde involvert underentreprenør var noen var åpne for Lean Construction, mens andre var skeptisk til blant annet den utvidede planleggingstiden. God kommunikasjon bidro derimot til at enkelte underentreprenørene etter hvert innså at de kunne spare penger og tid ved å prøve en ny arbeidsprosess. Dette eksempelet viser at god kommunikasjon er sterkt knyttet til involvering. Hvis kommunikasjonen mellom alle aktørene i prosjektet ikke er tilstrekkelig, vil følelsen av inkludering og eierskap reduseres. I et byggeprosjekt vil god kommunikasjon være essensielt på grunn av prosjektens kompleksitet og omfanget av leverandørene som involveres. Fokus på kommunikasjon bidrar til at alle vet hva som skal leveres til hvilke tidspunkt, og ventetiden mellom ulike fagområder kan reduseres (Hagen, 2017, s.79). Studiet av Bygballe og Swärd (2014, s.10) viser i tillegg at god kommunikasjon mellom aktører kan bidra til et bedre samarbeid og en mer langvarig relasjon som kan gi bedre utgangspunkt for eventuelle prosjekter i fremtiden.

### **3.3 Idriftsetting**

Idriftsetting (eng.: Commissioning) startet opprinnelig i skipsbyggingsindustrien, hvor målet var å sikre at skipene var klar til bruk. Dette var en risikostyringsprosess som innebar installasjon og testing av utstyr, samt retting av eventuelle feil og opplæring av mannskapet. Behovet for idriftsetting i skipsindustrien kom fra at det var stor risiko i skipsfarten og en eventuell utbedring av utstyr ville gi høye kostnader (Mills, 2011a, s.146). På begynnelsen av

1980-tallet opplevde bygg og anleggsbransjen en markant økning i tekniske bygningsinstallasjoner. Prosjektene ble stadig mer komplekse og idriftsetting ble ansett som en egnet prosess for å sikre at systemene fungerte (Sharma, 2016, s.3). Baechler og Farley (2011, s.2) definerer idriftsetting som:

*«En kvalitetsbasert prosess som skal gi en dokumentert bekreftelse på at bygningens systemer er planlagt, designet, installert, testet, driftet og vedlikeholdt i samsvar med prosjekteierens krav.»*

Problemer knyttet til bygningskallet eller tekniske systemer integrert i bygget kan gi store konsekvenser for prosjektets fremdrift, kostnader og resultat. Mangler forårsaket av utilstrekkelig designgrunnlag eller monteringsfeil av teknisk utstyr kan føre til alt fra utstyrssvikt til svekket luftkvalitet og komfort innendørs. Totaliteten av dette kan videre resultere i ineffektivt energibruk (Mills et al, 2005, s.20). I Baechler og Farley (2011, s.2) sin rapport om idriftsetting av bygninger viser de til at antagelsen om at energibesparelser kan oppnås ved å installere utstyr som er mer energieffektivt, ikke alltid er sann. Etter hvert som utstyr og systemdesign blir mer teknisk og komplisert øker samtidig sannsynligheten for designfeil og mindre egnet drift, noe som bekrefter viktigheten av idriftsettelse i moderne bygninger. Hovedfokuset til idriftsetting er å forhindre komplikasjoner i grensesnittet mellom utstyr, komponenter og systemer. Dette gjør det til et viktig verktøy for kvalitetssikring og kostnadseffektivisering i byggeprosjekter (Mills, 2011b, s.1).

De viktigste fordelene knyttet til idriftsettelse er i følge Baechler og Farley (2011, s.4) besparelser på byggekostnader og energibruk i driftsfasen. Immaterielle fordeler som forbedret kommunikasjon i prosjektorganisasjonen, tilfredsstillende opplæring og dokumentasjon for drift og vedlikehold trekkes også frem som et resultat av fokus på idriftsetting. Besparelser på byggekostnader er knyttet til færre endringer og forsinkelser i prosjektet. Gjennom å fokusere på idriftsetting allerede i forprosjektet kan feil og mangler identifiseres tidlig, og vil videre være betydelig billigere å løse enn senere i prosjektet.

Det har i tillegg blitt gjennomført flere studier som har undersøkt mulige konsekvenser av å ikke fokusere på idriftsetting. For to bygninger analysert i detalj av Della Barba (2005, s.8) kunne 46 % og 62 % av manglene som ble identifisert under idriftsettingen resultere i høyere reparasjons- og vedlikeholdskostnader. Tilsvarende ville 4 % og 10 % av manglene resultere i kortere levetid for utstyret. Et annet studie av fire barneskoler i Detroit, hvor 500 feil og mangler

ble oppdaget, unngikk prosjektet 100 000 amerikanske dollar i reparasjonskostnader gjennom å fokusere på idriftsetting og retting av feil (Mills, 2011a, s.153).

Energibesparelser kan oppnås gjennom å identifisere designproblemer som kan føre til ineffektivt energibruk samt økte vedlikeholdskostnader. Funksjonstesting bidrar til å løse utfordringer knyttet til utstyret og kontrollere programmeringsmangler, i stedet for at de blir oversett. Baechler og Farley (2011, s.4) viser til at flere mangler kan forbli uoppdaget, men vil på sikt påvirke energibruk, utstyrs pålitelighet og inneklima negativt. Funksjonstesting før ferdigstilling er avgjørende for å forhindre dette og sikre at utstyr og systemer fungerer riktig og effektivt. En studie av 643 bygninger over hele USA, gjennomført av Mills (2011a, s. 154), viser at retting av manglene som ble oppdaget under idriftsettingen resulterte i 16% gjennomsnittlig energibesparelse i eksisterende bygninger og 13% prosent i nybygg. Resultatene viser i tillegg at prosjekter med en mer helhetlig tilnærming til idriftsetting oppnådde nesten det dobbelte av det samlede gjennomsnittet og fem ganger så mye energibesparelser enn de prosjektene med minst fokus på idriftsettelse. Gjennom nøyaktig og korrekt idriftsetting kan energibesparelsene øke over tid. Mills (2011a, s. 165) sin studie viser at når idriftsettelsen inkluderer opplæring, og i noen tilfeller installasjon av permanente måle- og tilbakemeldingssystemer, kan forbedringer i systemytelsen vedvare i flere år etter idriftsettelsen.

Med tanke på barrierer som hindrer prosjekter i å fokusere på idriftsetting viser en studie gjennomført i USA til eiere, entreprenører og prosjekterende sin manglende kunnskap og bevissthet om idriftsetting. Flere har en oppfatning av at idriftsetting er en kostnad i stedet for en investering (Lopez, 2000, s.78). Kostnader knyttet til selve idriftsettelsen vil variere og er avhengig av prosjektets størrelse, kompleksitet og omfanget av prosessen. Uavhengig av omfanget vil imidlertid kostnadene kun være en mindre del av det samlede budsjettet til prosjektet (Baechler og Farley,2011, s.6). I tillegg må de ansvarlige for idriftsettingen ha kunnskap nok til å kunne stille spørsmål til underlag som prosjekteres. I tilfeller hvor denne kunnskapen ikke er tilstrekkelig, mener McFarlane og Farmer (2014, s.53) at fagressurser må involveres slik at de ansvarlige blir tryggere på at det prosjekterte underlaget samsvarer med kravspesifikasjonene. Frank *et al* (2007, s.73) trekker frem at idriftsetting er tidkrevende. Det er derfor et behov for data som viser at den investerte tiden gir flere fordeler i prosjektet. For å overkomme disse barrierene er det i tillegg nødvendig å gi økt kunnskap til ledelsen og beslutningstakere, samt utarbeide verktøy som kan bidra til opplæring.

Med bakgrunn i at det har vist seg å være vanskelig å få funksjonaliteten av de tekniske bygningsinstallasjoner helt ferdig og kvalitetssikret ved overtakelse, lanserte Standard Norge NS:3935 - Integrerte tekniske bygningsinstallasjoner (ITB) i 2011 og NS:6450 - Idriftsetting og prøvedrift av tekniske bygningsinstallasjoner i 2016.

### **NS:6450 - Idriftsetting og prøvedrift av tekniske bygningsinstallasjoner**

Standard Norge (2020a) beskriver NS:6450 som et hjelpemiddel til bygg- og anleggsbransjen for å levere avanserte tekniske bygningsinstallasjoner riktig med en gang. Standarden angir krav til testing, idriftsetting og prøvedrift av tekniske bygningsinstallasjoner, samt prosessbeskrivelser som viser aktiviteter som skal gjennomføres.

### **NS:3935 - Integrerte tekniske bygningsinstallasjoner (ITB)**

NS:3935 fastsetter detaljerte føringer for de prosessene en ITB-ansvarlig skal ivareta. Dette innebærer prosesser for design, planlegging, anskaffelse, installering, test, dokumentasjon og idriftsetting av integrerte tekniske bygningsinstallasjoner (Standard Norge, 2020b). Standarden viser til at ITB-ansvarlig skal engasjeres av oppdragsgiver ved prosjektets oppstart og denne personen skal sikre en god samhandling mellom de tekniske aktørene. En prosjektgjennomføring i henhold til NS:3936 og NS:6450 vil gi et vesentlig bidrag til å sikre ferdigstillelse som planlagt og endringer, avvik og risiko for kostnadsoverskridelser reduseres (Standard Norge, 2019).

Idriftsetting blir ofte sett på som en bekreftelse av vellykket integrering av tekniske bygningsinstallasjoner, men de største fordelene oppnås når idriftsetting brukes som en kontinuerlig prosess med kunde- og brukerdeltakelse gjennom alle faser i prosjektet (Beste, 2020, s.158). En studie gjennomført av Dvir (2005, s.262) viser at involvering av team som representerer brukerne i alle faser av prosjektet bidrar positivt med tanke på effektivitet og brukerfordeler. Aktiviteter knyttet til brukerdeltakelse vil gi en større effekt på prosjektets suksess enn formuleringer og definisjoner av drifts- og vedlikeholdskrav.

### 3.4 Systematisk ferdigstillelse

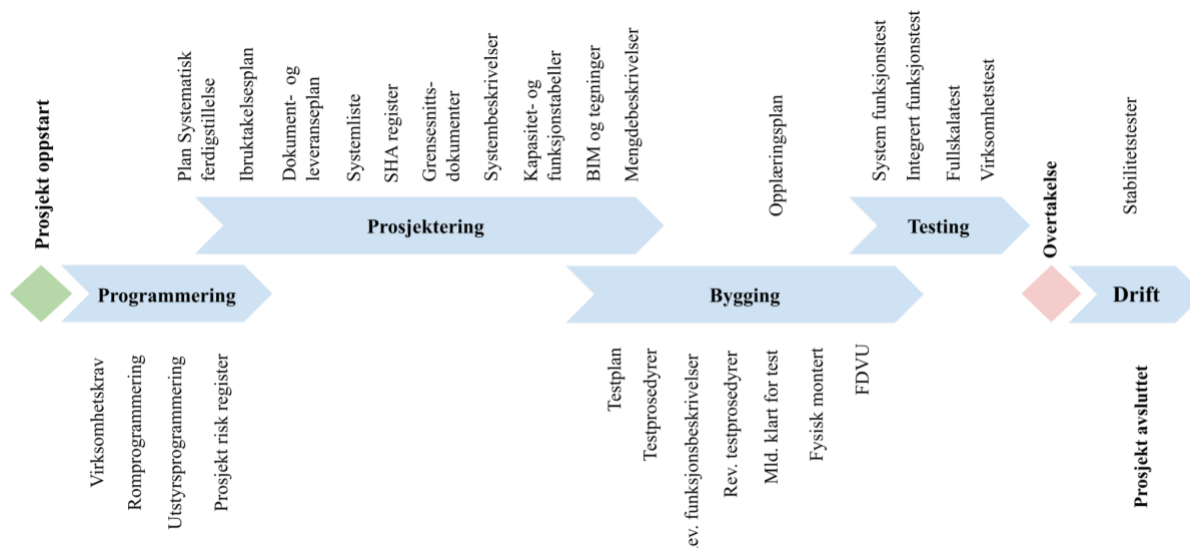
En vanskelig idriftsettelse skyldes i de aller fleste tilfeller at prosjekter starter for sent med å planlegge sluttfasen. Feil og mangler oppdages ikke tidlig nok, og disse vil påvirke prosjektet senere (Atkins Norge, u.å.). For å møte bygg- og anleggsbransjens behov for en mer helhetlig idriftsettelsesprosess, som sikrer prosjekter i å unngå feil og uoverensstemmelser, har metodikken Systematisk ferdigstillelse blitt etablert i Norge de siste årene. Johansen og Hoel (2016, s. 9) definerer Systematisk ferdigstillelse slik:

*«Systematisk ferdigstillelse er en sikkerhet for at prosjektet oppfyller alle funksjonskrav innenfor gitte tids-, kostnads- og kvalitetskrav, planlagt og verifisert gjennom en strukturert prosess som er ledelsesstyrt fra planlegging til overtakelse.»*

Hensikten med Systematisk ferdigstillelse er å sikre at sluttproduktet blir det kunden har bedt om. Gjennom strukturerte prosesser som går gjennom hele prosjektets levetid vil resultatet bli et bygg som oppfyller alle funksjonskrav og har tekniske systemer som fungerer slik de er beskrevet. Ifølge Johansen og Hoel (2016, s.4) bryter Systematisk ferdigstillelse med den tradisjonelle tankegangen rundt prosjektering og henter inspirasjon fra blant annet Lean.

I likhet Lean har Systematisk ferdigstillelse et formål om å skape kontinuerlig forbedring. Det er et tydelig produktfokus som skal gjøre det enklere for alle involverte parter å forstå hva prosjektet skal levere, hvorfor, når, fra hvem og til hvem. Prosjektet deles opp i hensiktsmessige produktleveranser som skal beskrives og ha definerte akseptansekriterier. Dette innebærer prosjekteringsleveranser, leveranser under byggefasen og leveranser under testing og verifisering. Gjennomføring av tester i bygg- og anleggsbransjen er ikke uvanlig, men likevel har det sjeldent blitt stilt krav til hvordan testene skal gjennomføres, og hva som er akseptabelt testresultat før neste steg kan begynne. Med Systematisk ferdigstillelse defineres tydelige krav til prosjektets leveranser, og sammenlagt vil alle leveransene sikre at prosjektets hovedleveranse blir ferdig til rett tid og med riktig kvalitet. Figur 4 viser en tradisjonell faseinndeling og prinsipiell oversikt over alle leveransene i et prosjekt (Johansen og Hoel, 2016).





Figur 4: Tidslinje Systematisk ferdigstilling (Johansen og Hoel, 2016, s. 20, tilpasset av forfatter)

### 3.4.1 Ledelse, innholdskompetanse og systematikk

Arbeidet med Systematisk ferdigstilling kan deles opp i tre hovedelementer, ledelse, innholdskompetanse og systematikk. I hele prosjektets levetid bør disse elementene være til stede for å mest mulig ut av metodikken. Ledelse innebærer at både byggherre/oppdragsgiver og prosjektledelsen fra oppstarten av prosjektet bør ha fokus på Systematisk ferdigstilling og forankre dette nedover i byggherre- og prosjektorganisasjonen. De skal etablere strategier, tilrettelegge og motivere prosjektets deltakere for prosesser som støtter opp under Systematisk ferdigstilling. Videre avhenger prosjekter som tar i bruk metodikken av gode fagmiljøer med sterk tverrfaglig kompetanse. Innholdskompetansen bidrar til å skape helhetlige og tverrfaglige løsninger med forankring i drift og vedlikehold. Gjennom utarbeidelse av riktige planer til testing og akseptanskriterier for funksjonalitet skal prosessen med Systematisk ferdigstilling bidra til at innholdskompetansen struktureres og konkretiseres (Johansen og Hoel, 2016, s.12-14).

Systematikk er en annen kritisk suksessfaktor for gjennomføring av Systematisk ferdigstilling i et prosjekt. Systematikk må etableres med fokus på planlegging, grensesnitthåndtering og utarbeidelse av tydelige krav til dokumentleveranser og planer for testing og kontroll. Det må suppleres med nødvendig verktøy for informasjonshåndtering slik at informasjonsflyten mellom aktører som er involvert til ulik tid i prosjektet ivaretas på en tydelig og effektiv måte. I tillegg må systematikk etableres med fokus på planlegging av opplæring for driftsorganisasjonen, da opplæringen er vesentlig for en vellykket overlevering. Gjennom

planer, krav, testing og utbedring må opplæring være en integrert del av Systematisk ferdigstillelse (Johansen og Hoel, 2016).

### **3.4.2 Prosjektgjennomføring**

Systematisk ferdigstillelse deler prosjekter inn i fasene programmering, prosjektering, bygging og testing, som vist i figur 7. Som nevnt over er Systematisk ferdigstillelse en prosess som starter ved prosjektoppstart og følger prosjektet hele veien gjennom disse fasene og over til overtakelse og drift. Det handler altså ikke kun om den avsluttende ferdigstillelsen, men om hvordan tilretteleggingen gjennom hele prosjektet kan bidra til en vellykket ferdigstillelse, med rett kvalitet til rett tid (Holm *et al*, 2018, s.80-83).

#### **Programmering**

I programmeringen beskrives virksomhetens bruk og driftsorganisasjonens modell for å drifte anleggene. For å oppnå rett kvalitet til rett tid er det essensielt at ledelsen tidlig involverer brukere/riktig kompetanse for å klargjøre hvordan bygget skal brukes og hvordan det skal driftes i fremtiden. Dette bidrar til at prosjektledelsen kan konkretisere hva som kreves av planlegging, prosjektering og bygging på et tidlig tidspunkt.

Systematisk ferdigstillelse er basert på produktleveranser og det må derfor være tydelig hva som skal leveres av involverte aktører og når det skal leveres. I tillegg må det tydeliggjøres hva leveransene skal brukes til. En *Plan for Systematisk ferdigstillelse* skal utarbeides ved oppstart av prosjektet og både leveransekrav og rollebeskrivelser inkluderes i planen. En plan for Systematisk ferdigstillelse vil bidra til å legge føringer for hvordan prosjektet skal arbeide og bør revideres i faseoverganger (Johansen og Hoel, 2016).

#### **Prosjektering**

Tanken bak Systematisk ferdigstillelse er å bruke mer ressurser på planlegging og prosjektering for så å bruke mindre ressurser på avklaring som følge av unøyaktig grunnlag underveis i prosjektet (Johansen og Hoel, 2016) Med Systematisk ferdigstillelse er det ønskelig med en dynamisk prosjektering hvor det fokuseres på krevende tekniske grensesnitt og leveranser. Under prosjekteringen skal prosjekteringsgruppen kontinuerlig vurdere, justere, kvalitetssikre og produsere løsninger. Systematisk ferdigstillelse medfører derfor et behov for andre arbeidsformer enn de mer tradisjonelle, og veilederen anbefaler derfor å ta i bruk samtidig

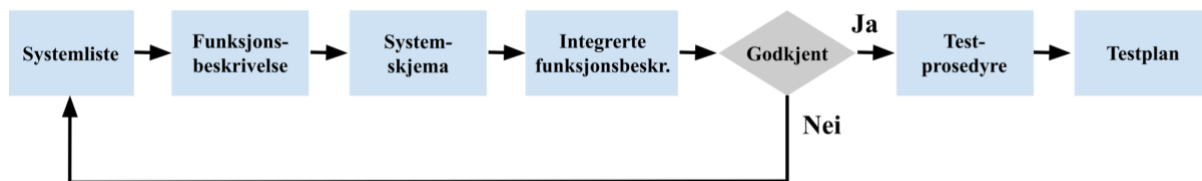
prosjektering (Johansen og Hoel, 2016, s.23). Samtidig prosjektering vil bli beskrevet nærmere i kapittel 3.5.1.

Som nevnt over er Systematisk ferdigstillelse basert på produktleveranser. For å få bedre oversikt over alle leveransene som skal utarbeides i prosjektet og hvordan de påvirker hverandre, lages en Dokument- og leveranseplan. Etter hvert som prosjektet utvikler seg vil planen detaljeres i større grad (Johansen og Hoel, 2016, s.25). I Tabell 4 beskrives noen utvalgte leveranser som inngår i dokument- og leveranseplanen. Beskrivelsen tar utgangspunkt i definisjoner fra veiledere av Statsbygg (Statsbygg, 2018) og BA2015 (Johansen og Hoel, 2016).

Tabell 4: Beskrivelse av ulike leveranser knyttet til Systematisk ferdigstillelse

<b>Systemliste</b>	En liste over alle som systemer som etableres i prosjektet. Systemlisten skal inneholde unike systemnumre og angi hvor systemene er plassert og hvilket område i bygget de skal betjene.
<b>Funksjonsbeskrivelse</b>	Dokument som beskriver funksjonen for et system etablert i prosjektet. En funksjonsbeskrivelse vil redegjøre for hvordan systemet styres og reguleres individuelt og i sammen med andre systemer. Funksjonsbeskrivelsene danner grunnlaget for prosjekteringen, utførelsesen og testing og verifisering.
<b>Systemskjema</b>	Skjemategninger som viser systemets oppbygning med alle aktive komponenter merket i henhold til merkesystemet.
<b>Integrerte funksjonsbeskrivelser</b>	Dokument som beskriver hvordan flere systemer må virke sammen som en helhet for å oppnå ønsket funksjonalitet. Integrerte funksjonsbeskrivelser skal utformes slik at de binder sammen de ulike funksjonsbeskrivelsene som er utarbeidet for de ulike systemene.
<b>Detaljert testplan</b>	En detaljert testplan skal vise hvilke systemer som skal testes, rekkefølgen de skal testes i, hvem som er ansvarlig for å planlegge og utføre testene og hva som er forutsetningene for at en test skal kunne gjennomføres.

Utover disse dokumentene bør det utarbeides testprosedyrer. Disse prosedyrene tar utgangspunkt i flere av dokumentene nevnt i Tabell 4. I tillegg bør testprosedyrene inneholde akseptanskriterier slik at det ikke er tvil om hva som skal til før testen godkjennes eller underkjennes. Sammenhengen mellom de nevnte leveransen er illustrert i Figur 5 (Johansen og Hoel, 2016).



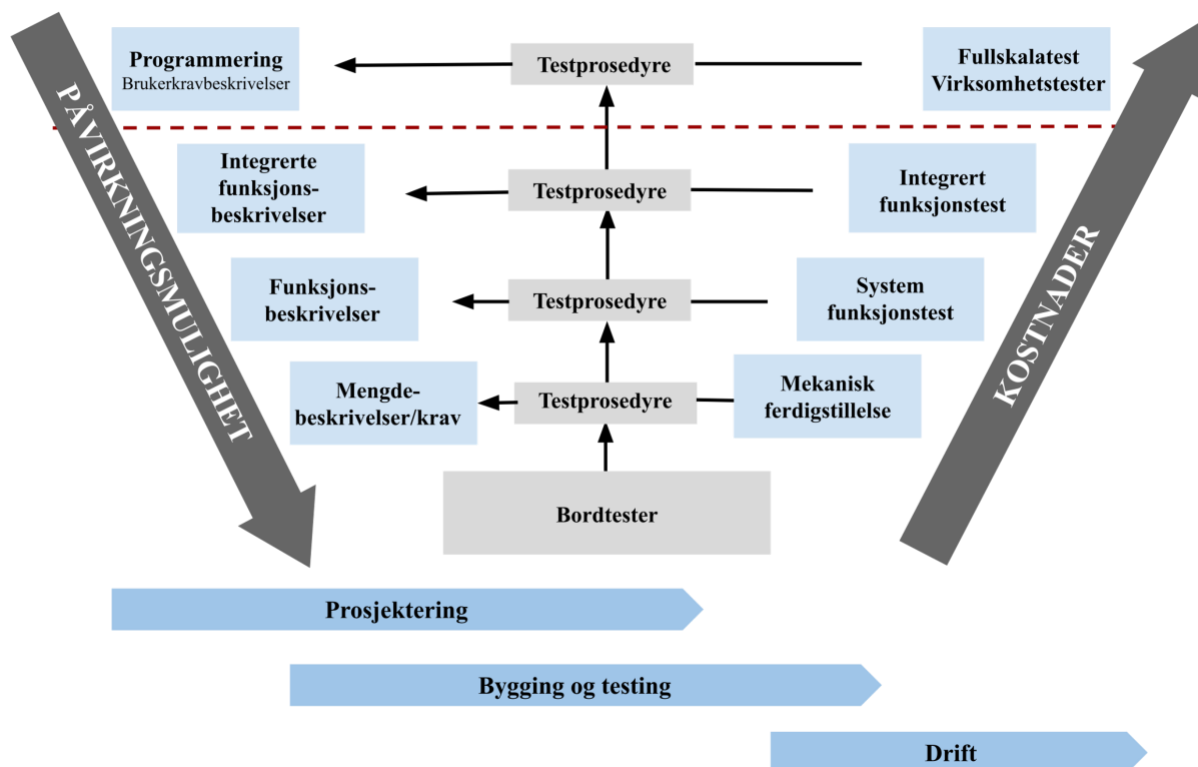
Figur 5: Prosessflyt for prosjekteringsunderlag til testprosedyrer (Johansen og Hoel, 2016, s. 31, tilpasset av forfatter)

## Bygging og testing

Systematisk ferdigstillelse støtter opp om en byggemetode basert på Lean og taktplanlegging som er beskrevet i Kapittel 3.2.1. Hvis prosjektet gjennomføres på tradisjonelt vis vil Systematisk ferdigstillelse likevel bidra til en planlagt og dokumentert prosjektgjennomføring (Johansen og Hoel, 2016, s.32).

Med Systematisk ferdigstillelse legges det opp til trinnvis testing, som videre bidrar til at store mengder feil på slutten av prosjektet unngås. Først testes komponenter, deretter testes systemer og mot slutten flyttes fokus mot integrasjonen av systemer og totale tester. Et viktig aspekt ved testing er at tradisjonelt har planleggingen av bygg og tekniske funksjoner tatt utgangspunkt i geometrien på bygget, og i mindre grad tatt hensyn til hvordan de tekniske systemene skal testes og driftes. For at tidlig testing skal kunne gjennomføres må fokuset på det geometriske i byggingen ses i sammenheng med hvordan de tekniske systemene skal fungere og hvilke områder de forsyner. Dersom geometri og funksjon ikke korrelerer vil tidlig testing bli vanskelig å gjennomføre (Johansen og Hoel, 2016).

Trinnvis testing kan illustreres med V-modellen, vist i Figur 6. V-modellen viser til sammenhengen mellom prosjektert grunnlag og testing av ferdigstilte systemer. Venstrebeinet illustrerer en iterativ prosess med kontinuerlig kvalitetssikring av de løsningene som velges og om de oppfyller de krav som er stilt i foregående aktivitet. Etter hvert som byggeaktiviteten øker vil en opp langs høyrebeinet få muligheten til å verifisere kravene som er beskrevet på venstresiden av modellen.



Figur 6: V-modell: Sammenhengen mellom prosjektert grunnlag og testing (Beste, 2020 og Holm et al, 2018, s.82; tilpasset av forfatter)

V-modellen illustrerer at utarbeidelsen av dokumenter er nødvendige for å kunne kvalitetssikre at bygget oppfyller de krav som er beskrevet. For å videre sikre riktig løsning må prosjektet verifiseres gjennom ulike nivåer av tester, som danner testprosedyrer. Testprosedyrene er grunnlaget for verifiseringen som gjennomføres frem til en endelig og feilfri fullskallatest eller virksomhetstest er gjennomført, og er synliggjort over den røde stiplede linjen. Bordtestene som nevnes i modellen har som funksjon å teoretisk kvalitetssikre testprosedyrene. En bordtest er en teoretisk test rundt bordet, hvor rådgivende, entreprenører og leverandører som er knyttet til respektive system deltar. Byggeleder og representanter fra drift og bruker kan med fordel delta. Bordtestene skal gjennomføres før innkjøp av utstyr og komponenter gjøres (Holm, 2017).

Videre viser Figur 6 at fokus på Systematisk ferdigstillelse tidlig er avgjørende for prosjektets investeringskostnad. Å gjøre vurderinger og endringer i en tidlig fase av prosjektet er vesentlig billigere enn i de senere fasene. Figuren illustrerer dette med at påvirkningsmulighetene faller utover i prosjektet, mens kostnadene for endringer øker betydelig (Johansen og Hoel, 2016, s.16-18).

### 3.4.3 Erfaringer fra Systematisk ferdigstillelse i norske byggeprosjekter

Erfaringer fra tidligere prosjekter viser at kombinasjonen av manglende fokus på Systematisk ferdigstillelse og kontroller underveis i byggefasen er hovedårsaken til et betydelige antall feil og mangler som avdekkes i sluttfasen (Johansen og Hoel, 2016, s.43). Behovet for informasjon, forankring og oppfølging må ikke undervurderes i prosjekter hvor Systematisk ferdigstillelse tas i bruk. Prosjekt Kunst- og designhøgskolen i Bergen (KHiB) poengterer dette og viser til at Systematisk ferdigstillelse krever et nytt tankesett hos de involverte aktørene. Andre erfaringer fra KHiB-prosjektet var verdien av bordtester. Under hver bordtest de gjennomførte dukket det opp uavklarte spørsmål som hadde være utfordrende og kostbare å håndtere under bygging eller testing (Holm, 2017).

En studie gjennomført av Beste (2020) har analysert hvilken effekt Systematisk ferdigstillelse har på norske byggeprosjekter. Studiet omfatter intervjuer og analyser av prosjektdokumenter fra fire byggeprosjekter i offentlig sektor med Statsbygg som byggherre. Av de fire prosjektene var det kun et som var fullført da studiet ble gjennomført. Oppsummert viser studiet at Systematisk ferdigstillelse har en positiv effekt på prosjektgjennomføringen og muliggjør ferdigstillelse på tid, kostnader og med færre feil og mangler ved overlevering. Den positive effekten på kostnader blir uttrykt gjennom intervjuene (Beste, 2020, s.164) slik:

*«Hele prosessen med Systematisk ferdigstillelse har [...] redusert unødvendige kostnader på en enkel og kontinuerlig måte.»*

*«Du unngår å bruke penger, som du opprinnelig ikke har planlagt bruke, men som du likevel ender med å bruke.»*

Videre viser resultater fra studiet at Systematisk ferdigstillelse er viktig for å redusere usikkerhet knyttet til sluttresultatet, siden prosessene sikrer et bygg hvor alle tekniske systemer fungerer fra første dag. I tillegg understrekes viktigheten av en kontinuerlig involvering av driftsorganisasjonen i prosessen med Systematisk ferdigstillelse. Med sin erfaring vil driftsorganisasjonen bidra til prosjektet gjennom å optimalisere løsninger fra et driftsperspektiv. I tillegg vil opplæring av driftsorganisasjonen være integrert i prosessene og som medfører mer kompetanse om og eierskap til bygget. Resultatene fra studiet indikerer at med en mer systematisk tilnærming til ferdigstillelsen, hvor tydelige strategier, krav, testprosedyrer og dokumentasjon samt inkludering av driftsorganisasjonen i prosessen, vil føre til mindre usikkerhet i ferdigstillelsesprosessen og overtakelsen vil håndteres på en bedre måte.

I tillegg til effekter, inkluderer studiet av Beste (2020) forutsetninger for å lykkes med Systematisk ferdigstillelse. Resultatene viser at en forutsetning er å integrere Systematisk ferdigstillelse som en ledelsesoppgave i prosjektet og at en god prosjektkultur på tvers av aktører vil bidra til en vellykket implementering. En annen forutsetning er mer koordinering og planlegging i de tidlige fasene av prosjektet. Gjennom å tidlig utarbeide blant annet gode funksjonsbeskrivelser og testprosedyrer vil det være mulig å prosjektere bygget for ferdigstillelse, lage fremdriftsplaner som tar hensyn til Systematisk ferdigstillelse og inkludere krav til metodikken i kontrakter. I tillegg er transparente prosesser som involverer både driftsorganisasjonen og brukere av bygget essensielt for en vellykket implementering.

### **3.5 Prosjekteringsprosessen**

Prosjektering er en felles betegnelse på det arbeidet arkitekter og rådgivende ingeniører utfører når de i kraft av sin fagkompetanse påtar seg oppdrag med å utforme tegninger og beskrivelser for utførelse av et byggeprosjekt (Westergaard, Arge og Moe, 2009, s.71). Prosjekteringsprosessen deles vanligvis inn i faser med økende grad av detaljering og flerfaglighet, og inngår i programmering- og i prosjekteringsfasen. Sistnevnte deles ofte inn i en forprosjekterings- og detaljprosjekteringsfase (Direktoratet for byggkvalitet, 2021).

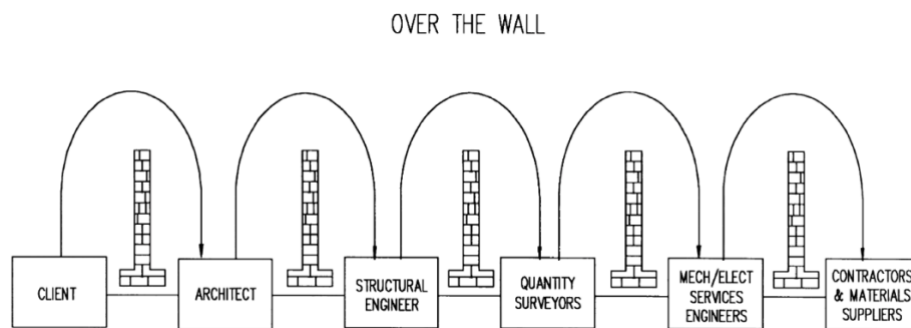
Prosjekteringen blir utført av en prosjekteringsgruppe, ofte med en prosjekteringsleder i spissen (Meland, 2000, s.28). I tillegg til prosjekteringsleder er prosjekteringsgruppen tradisjonelt representert av et tverrfaglig utvalg bestående av rådgivende ingeniører og arkitekter. Prosjekteringsgruppen skal samarbeide og prosjektere produksjonsunderlag som møter brukernes behov, i tillegg til å tilfredsstille byggherres krav til tid, budsjett og kvalitet (Khanzode *et al*, 2006, s.41). Produksjonsunderlag er det materialet som de utførende skal ha som grunnlag for utførelsen (Direktoratet for byggkvalitet, 2018). I den forbindelse har prosjekteringsgruppen også ansvar for å skape et beslutningsgrunnlag for ulike aktører, herunder byggherre, brukere, offentlige myndigheter og eventuelle andre interessenter (Meland, 2000, s.28). Ifølge El Reifi og Emmitt (2013, s. 204) er det arbeidet som utføres av prosjekteringsgruppen i prosjektets tidlige faser essensielle for å oppnå et suksessfullt byggeprosjekt.

#### **3.5.1 Fra tradisjonell til Samtidig prosjektering**

Tradisjonell prosjekteringspraksis har lenge vært fagoppdelt og sekvensiell (Westergaard, Arge og Moe, 2010, s.78). I en slik prosjektering arbeides det i en bestemt rekkefølge og

prosjekteringsarbeidet har vært basert på at når en aktør utarbeider et underlag, overleveres dette til en annen aktør for videre utbedring, før det deretter sendes tilbake eller videre til neste aktør (Johansen og Hoel, 2016, s.23). Sekvensiell prosjektering kjennetegnes ved at ulike fagdisipliner utarbeider sin del av prosjektunderlaget gjerne på sin respektive arbeidsplass isolert fra resten av prosjektet (Hermundsgård, u.å, s.4).

Tradisjonell prosjektering blir ofte referert til som en «over the wall»-tilnærming, basert på den lineære rekkefølgen prosjekteringen blir gjennomført i (Elvin, 2003, s.184; Evbuomwan og Anumba, 1998, s.588). Figur 7 viser en illustrasjon av «over the wall»-tilnærming i utførelsen av et byggeprosjekt.

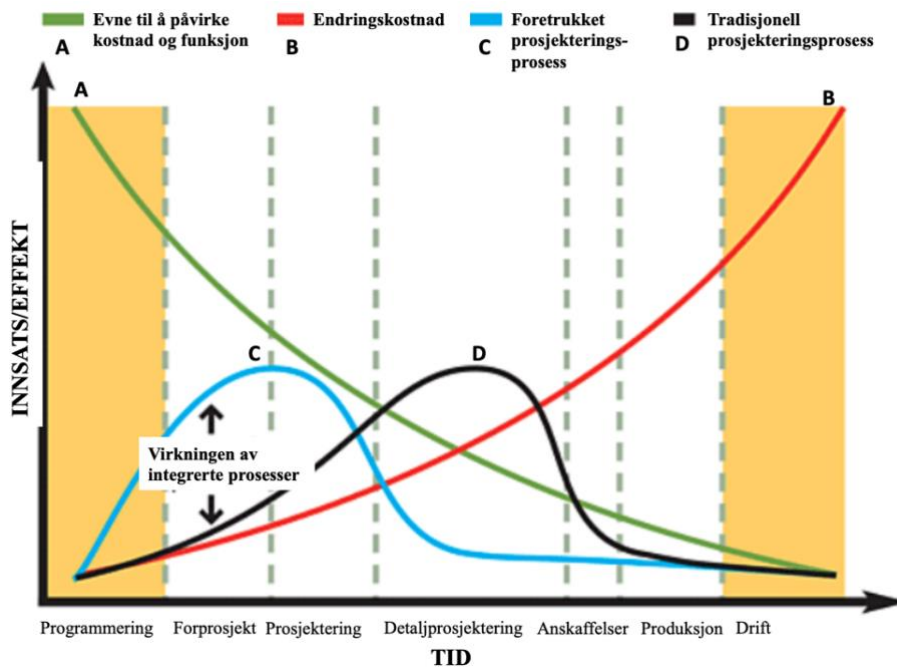


Figur 7: «Over the wall»-tilnærming i tradisjonell prosjekteringsfase (Evbuomwan og Anumba, 1998, s.588)

Evbuomwan og Anumba (1998 s.589) forteller at en av ulempene med en slik tilnærming til prosjektgjennomføringen er at det bidrar til mindre kommunikasjon mellom aktørene og det kan bli vanskeligere å verifisere om det prosjekterte underlaget tilfredsstillende kravene og behovene til bruker og byggherre. En slik begrenset informasjonsutveksling kan i tillegg føre til misforståelser og at problemstillinger på tvers av fag blir avdekket senere i prosessen enn ønskelig. Dette kan videre føre til omarbeidd av prosjektert materiale (Hermundsgård, u.å, s.4).

Som reaksjon på den tradisjonelle og sekvensielle prosjekteringen har det blitt utviklet en rekke andre metodikker for å gjennomføre prosjekteringsfasen), deriblant Integrert prosjektering. Denne metoden omhandler tidlig involvering av relevante aktører i prosjekteringsprosessen. I tidligfase settes det inn store ressurser og beslutninger tas av en samling av kompetente aktører. Fokuset er på prosjektets helhet og optimalisering i alle faser av prosjektet (Westergaard, Arge og Moe, 2010, s.14). Tidlig involvering vil kunne gi prosjektet mer tverrfaglig kompetanse tidligere inn i prosjektet og dette vil kunne føre til at prosjektet i større grad kan optimaliseres, uten at kostnader knyttet til eventuelle endringer blir betydelig (Hestnes og Andresen, u.å.). Dette kan illustreres med MacLeamy-kurven i Figur 8.





Figur 8: McLeamy-kurven: Effekten av ulike typer prosjektering (Westergaard, Arge og Moe, 2010, s. 77)

Figur 8 viser hvilke muligheter integrert prosjektering (C-kurven) har sammenlignet med tradisjonell prosjektering (D-kurven). A-kurven viser hvordan muligheten for å påvirke endres utover i prosjektløpet, mens B-kurven illustrerer den økonomiske virkningen av endringer. Hvor kompleks en endring er avhenger altså av hvor langt man er kommet i prosessen, og det samme gjelder den økonomiske konsekvensen av endringen. Figur 8 viser at innsatsen i prosjekteringsfasen bør legges ned tidligere enn tradisjonelt. Med et slikt fokus vil prosjektet har større mulighet til å påvirke både kostnader og funksjon, samtidig som endringer vil være billigere å foreta.

I en tradisjonell prosjekteringsprosess vil aktørene bli involvert etter behov, basert på hvilken fase prosjektet befinner seg i (Westergaard, Arge og Moe, 2010, s.14). I en slik prosjekteringsprosess tas beslutninger av mindre grupper, og erfaring viser at ofte blir flere rådgivende ingeniører ikke involvert i avgjørelsen. Ofte må rådgivende ingeniører tilpasse sin leveranse til det allerede utarbeidede tegningsmaterialet fra arkitekten (Hestnes og Andresen, u.å.). I en integrert prosjekteringsprosess vil alle relevante aktører bli involvert fra begynnelsen og slik vil prosjektet sikre en mer helhetlig tilnærming til prosjekteringen.

En annen metodikk som er nært knyttet til Lean Construction og som blir av enkelte forskere ansett som en ny form for integrert prosjektering er Samtidig prosjektering (NTNU Samfunnsforskning, 2021, s.6). Samtidig prosjektering kan også bli omtalt som Integrated Concurrent Engineering (ICE) og hvilket navn som foretrekkes avhenger av bransje. Felles for

alle metodikkene som har blitt utviklet som en reaksjon på tradisjonell prosjektering er at det handler om mer effektiv samhandling i prosjekteringsarbeidet (Hermundsgård, u.å., s. 2). Med utgangspunkt i ICE definerer Hermundsgård (u.å., s. 5) Samtidig prosjektering som:

*«En strukturert tilnærming til tverrfaglig teamarbeid i prosjekter. Sentralt i arbeidsformen er godt forberedte arbeidssesjoner, som avholdes med en avtalt frekvens gjennom hele prosjekteringstiden. I sesjonen blir det utført prosjekteringsarbeid og beslutninger blir tatt på stedet.»*

Arbeidssesjonene som nevnes i definisjonen er et møte med fokus på beslutninger og løsninger. Sesjonen starter med en gjennomgang av agenda og mål for sesjonen. Deretter introduseres tema og de relevante aktørene arbeider så videre med løsninger og beslutninger. Dette skiller seg fra tradisjonell prosjektering hvor fagdisiplinene ofte utviklet løsninger individuelt (Haneborg, 2020). For hver arbeidssesjon vil det være en leder som skal fasilitere og lede arbeidssesjonen. Hovedoppgaven til sesjonslederen er å sikre fremdrift i arbeidssesjonen. (Hermundsgård, u.å., s.6). Motivasjonen for å tilrettelegge for slike arbeidsstasjoner er å kunne ta bedre beslutninger basert på et tverrfaglig grunnlag.

Samtidig prosjektering i Norge ble utviklet og tatt i bruk i olje- og gassnæringen i 2005. Erfaringer fra olje og gass, samt bygg- og anleggsprosjekter som har testet metodikken, viser at gjennom å systematisere arbeidsprosesser vil prosjekter oppnå gode resultater innen kvalitet, tid og risiko (Hermundsgård, u.å., s.6). De la Garza *et al* (1994, s.50) forteller at Samtidig prosjektering vil føre til en mer proaktiv mentalitet ved at aktører i prosjektet stiller spørsmål som «er dette den beste løsningen?» og «vil dette fungere i praksis?» før arbeidet utføres på byggeplass. I tillegg vil samlokalisering og arbeidssesjonene øke både kreativitet og produktivitet (De la Garza *et al*, 1994, s.51).

Samtidig prosjektering er et av de sentrale elementene i arbeidsmetodikken Virtual Design And Construction (VDC). VDC benytter virtuelle hjelpemidler, metoder og verktøy, og bygger på Lean-tankegangen ved å ha fokus på å øke prosjektets verdi og eliminere sløsing. Et annet sentralt element i VDC og flere andre metodikker er Bygningsinformasjonsmodellering (BIM), som vil bli beskrevet i neste underkapittel.

### 3.5.2 BIM som prosjekteringsverktøy

BIM er et tredimensjonalt (3D) modelleringsprogram der byggets fysiske og funksjonelle egenskaper er beskrevet (Kristensen, 2016, s. 27). I tillegg til å være et verktøy som brukes for å behandle informasjon, kan BIM også være prosessen hvor informasjon genereres og behandles. Med andre ord er ikke BIM kun en enkelt teknologi, men en samlebetegnelse for hvordan informasjon skapes, lagres, presenteres og brukes i et prosjekt (Jongeling, 2008, s.2). I denne oppgaven vil fokuset være på BIM som et prosjekteringsverktøy.

BIM er et sentralt prosjekteringsverktøy hvor en visuell gjennomgang av prosjektets 3D-modell kan benyttes til beslutninger, diskusjoner og utvikling (Kristensen, 2016, s. 27). I følge Krygiel og Nies (2008, s.32) vil BIM tilrettelegge for god kommunikasjon mellom aktørene og de vil få en bedre forståelse for arbeidet som skal utføres og eventuelle utfordringer. Dette resulterer i at aktørene kan samarbeide bedre om å finne de optimale løsningene (Krygiel og Nies, 2008, s.34). Westergaard, Arge og Moe (2010, s.16) mener at det er avgjørende med en tverrfaglig og helhetlig modell for at beslutninger kan gjøres tydeligere, mer kommuniserbare og tas på tidligere tidspunkt enn hva som har blitt gjort tradisjonelt.

BIM er nært knyttet til prinsipper bak Lean Construction, som for eksempel å redusere eller eliminere sløsing (Forbes og Ahmed, 2010, s.223) Gjennom å konstruere bygningen visuelt før fysisk bygging starter vil BIM øke nøyaktigheten på mengdeberegninger og kvalitet (Krygiel *et al*, 2008, s.34). Kollisjonskontroller som gjennomføres i modell vil kunne rettet opp prosjekteringsfeil før de utvikler seg til større problemer på byggeplassen (Eastman *et al*, 2011, s. 21).

Prosjekteringsprosessen generelt handler i stor grad om å gå fra antakelser til gradvis mer presis informasjon (Hooper, 2015, s.430). Objekter i BIM-modellen har gjerne ulik status til forskjellige tider i prosjektet og vanligvis vil detaljeringsgraden og informasjonsmengden øke fra tidligfase frem til prosjektet ferdig (Schade, Olofsson og Schreyer, 2011, s. 372.) I bygg- og anleggsbransjen er det ofte et stort behov for at korrekt informasjon er tilgjengelig for relevante aktører til rett tid og i riktig format. Hvilken detaljeringsgrad som er nødvendig i informasjonen som skal distribueres blir omtalt som informasjonsmodenhet. Med informasjonsmodenhet søkes det etter å beskrive informasjonens egenskaper (presisjon og fullstendighet) ettersom prosjektet utvikler seg (Zou, Tang og Goh., 2013, s.7). På denne måten fungerer informasjonsmodenhet som er kommunikasjonsspråk mellom prosjektdeltakere til å

tydeliggjøre modenhet i egne modeller. I prosjekter hvor BIM benyttes er eksplisitt modenhet nødvendig for å koordinere og dele aktuell informasjon (Abou-Ibrahim og Hamzeh, 2018, s.4).

For å kunne gi status på BIM-objekters og modellens modenhet har det blitt utformet flere verktøy, deriblant Modell Modenhets Indeks (MMI). Ved å bruke omforente tallkoder beskriver MMI modningsgraden av objektene i BIM-modellen. Tallkodene går fra MMI 100 til MMI 500, der objekter ved MMI 100 er å anse som skisseforslag, mens MMI 500 er slik prosjektet ble utført (Fløisbonn *et al*, 2018, s.3). Figur 9 viser de ulike prosjekteringsaktiviteter som leder prosjektet fra MMI 100 til MMI 500.



Figur 9: MMI-prosess (Fløisbonn *et al*, 2018, s.4)

Fløisbonn *et al* (2018, s.5) forteller at MMI er godt egnet for planlegging av prosjekteringsleveranser. Fra start til ferdigstilling gir MMI-verdiene de innledende, mellomliggende og siste milepælene prosjekteringen må gjennom. Ved å planlegge fremdriften i prosjektet rundt MMI-verdier, vil det kunne være mulig å rapportere på fremdrift og undersøke om MMI-er er ferdigstilt i henhold til fristen. Hvis dette i tillegg blir kommunisert visuelt vil det kunne være lettere å adressere de områdene i prosjektet som risikerer å bli forsinket, og prosjektledelsen kan dermed iverksette proaktive tiltak (Garcia, 2017, s.49-51).

### 3.5.3 Bruk av prestasjonsmåling og KPI'er for kontinuerlig forbedring

Tradisjonelt har prosjekter evaluert sine prestasjoner når det er ferdig eller nærmer seg ferdigstilling. En av ulempene med denne fremgangsmåten er at prosjektene ikke vil kunne få hjelp til å forbedre seg selv underveis, men kun gi råd til hvordan andre prosjekter kan forbedres (Langlo *et al*, 2017 s.13). Et verktøy for å oppnå kontinuerlig forbedring i byggeprosjekter er prestasjonsmålingssystemer som inkluderer KPI'er for både prosjektering, bygging og testing.

*«If you can't measure it, you can't improve it»*

Peter Drucker (Langlo,2017)

Prestasjonsmåling handler om å måle og sammenligne prestasjoner, og vil på denne måten gi prosjekter muligheten til å identifisere forbedringsområder. Med prestasjonsmåling er det to

grunnprinsipper som er viktig. Den første er at prosjekter må søke forbedringer i de prosessene som inngår i utvikling og ferdigstilling av leveransen og den andre er at de må vite hvordan dette skjer, ikke tro eller anta (Langlo, 2017).

Et annet begrep som anvendes innenfor litteraturen for prestasjonsmåling er nøkkelindikatorer (eng: Key Performance Indicators (KPI)). Disse kan være knyttet til blant annet kvalitet, tid, kostnad, planlegging og ledelse (Langlo, 2017). David Parmenter (2015, s.118) har gitt følgende definisjon av KPI:

*«Key Performance Indicators (KPI'er) fokuserer på de aspekter av organisatorisk prestasjon som er mest kritisk for nåværende og fremtidig suksess for organisasjonen.»*

I dagens byggebransje er mangel på prosessbaserte KPI'er et av de største hindrene for å fremme kontinuerlig forbedring underveis i et prosjekt. For at kontinuerlig forbedring skal være mulig, er det nødvendig å kontrollere og forbedre prosesser mens prosjektet fremdeles er under utvikling (Alarcón & Serpell 1996, s.1; Tatsiana & Saad 2008, s.15). Ifølge Langlo *et al* (2017, s.13) vil måling av prosesser underveis gi de ulike aktørene innsikt i egne aktiviteter og prestasjoner. Bruk av KPI'er vil videre medføre en økt bevissthet for mulighetene rundt forbedring av eget arbeid i prosjektet (Johansen og Hoel, 2016, s.21).

Kristensen (2012) har i sin doktoravhandling forsket på bruk av prestasjonsmåling og KPI'er som et verktøy for prosjekteringsleder å kontrollere og styre prosjekteringsprosessen. Han utviklet et prestasjonsmålingssystem med fjorten KPI'er som var delt opp i ulike nivåer; strategisk-, taktisk- og operasjonelt nivå. Prestasjonsmålingssystemet ble testet i fire prosjekter og resultatene viste en mer transparent prosjekteringsprosess som hjalp prosjekteringsleder å sikre at produksjonsunderlaget var av bedre kvalitet og ble ferdigstilt til riktig tid (Kristensen, 2012, s.337). Oppsummert antyder Kristensens (2012, s.342) forskning at prestasjonsmåling i prosjekteringsfasen vil øke prosjekteringsleders mulighet til å:

- Kontrollere kvaliteten på produksjonsunderlaget
- Kontrollere leveransenes punktlighet
- Kontrollere fullstendigheten og kompatibiliteten på prosjekteringsløsningene
- Kontrollere hele prosjekteringsprosessen generelt

Johansen og Hoel (2016, s.25) forteller at prestasjonsmåling og KPI'er kan med fordel knyttes opp til Systematisk ferdigstilling og blant annet Dokument- og leveranseplanen som skal utarbeides. De forteller videre at det er viktig å kontrollere at leveransene fra prosjekteringsgruppen er i henhold til plan. I tillegg mener de at feil og manglutbedring vil være en viktig KPI i prosjekter med Systematisk ferdigstilling, og at en av de viktigste parameterne er at aktører klarer å rette feil og mangler innen tidsfrister som er satt (Johansen og Hoel, 2016, s. 41).

### **3.5.4 utfordringer i prosjekteringsfasen**

Som nevnt innledningsvis i denne oppgaven representerer prosjekteringsfeil en betydelig kostnad i byggeprosjekter. Basert på undersøkelser fra flere land, viser Meland (2000, s.3) til at prosjekteringsfeil og unnløtelser kan forårsake 35-55 % av byggeskadene. Det store antallet feil og mangler er en konsekvens av flere utfordringer som oppstår i prosjekteringen og disse vil dette underkapittelet prøve å belyse.

Prosjekteringsfasen utgjør en sentral del av et prosjekt, men likevel brukes ofte så lite som 10 % av totalinvesteringen på prosjektering (Meland, 2000, s.11). Ifølge SINTEF (2017) får prosjekterende for liten tid og økonomisk handlingsrom til å gjøre arbeidet tilstrekkelig. Grimsmo (2008, s.21) forteller tids- og arbeidspress går på bekostning av kvalitetssikringen og resultatet blir den store andelen feil og mangler som nevnt over. Dette underbygges av Meland (2000, s.130) som viser til at manglende tid til prosjektering er den viktigste prediktor for fiasko i byggeprosjekter.

Oftest oppstår forsinkelser knyttet til prosjekteringsleveranser og Kristensen, Andersen og Torp (2013, s.3) forteller at dette er en gjentakende utfordring i flere prosjekter. Særlig har det blitt rettet kritikk mot at prosjekteringsleder sitt arbeid for å unngå mangelfull og forsinkede leveranser til byggeplass (Meland, 2000, c30). For prosjekteringsleder er det viktig å påse at prosjekteringsgruppens tid og ressurser disponeres riktig. Ifølge Kristensen, Andersen og Torp (2013, s.3, basert på Reinertsen (1997)) stopper innsatsen til de prosjekterende når de opplever mangel på tid og ressurser, noe som resulterer i forsinkelser.

En annen utfordring i prosjekteringsfasen er manglende evne og/eller fokus på grensesnitt. Prosjekteringen forholder seg til to ulike typer grensesnitt, fasevis og faglige grensesnitt. Fasevis grensesnitt viser til grensesnitt mellom de ulike fasene og faglig grensesnitt er grensesnitt mellom de ulike prosjekteringsfasene (Westergaard, Arge og Moe, 2010, s.89). Den

økende kompleksiteten i dagens byggeprosjekter, samt flere spesialiserte prosjekteringsfag enn tidligere, fører til fragmentering og flere grensesnitt å forholde seg til i prosjekteringen (Hoxley *et al*, 2011, s.303). Grimsmo (2008, s.7) forteller at mange små og noen til dels store prosjekteringsfeil er et resultat av at egen- og grensesnittskontrollen ikke er god nok og alene kan faglige grensesnitt utgjøre opptil 8 % av endringskostnadene i prosjekter. Videre har fasevis grensesnitt mellom prosjektering og produksjon vist seg å være en utfordring. En studie gjennomført av Sacks og Tribelsky (2010, s. 193) viste at opptil 90 % av informasjonen mellom prosjekteringen og produksjon er overført via 2D-tegninger. De resterende prosentene var overført gjennom dokumenter, tekniske spesifikasjoner, møtereferat og lignende. Tegninger kan derfor være den største “forståelsesbarrieren eller kommunikasjonsbarrieren” i grensesnitt mellom prosjektering og produksjon, og ofte har ikke de prosjekterende god nok forståelse av hva som er tilstrekkelig prosjektering for de utførende. I tillegg kan mangel på kommunikasjon på tvers av faser føre til at den betydelige informasjonen og kunnskapen som er bygget opp gjennom en fase går tapt i overgangen til neste fase (Meland, 2000, s.32). Grimsmo (2008, s.7) mener derfor at prosjekter må etablere bedre samspill og kommunikasjon mellom de prosjekterende og de utførende, og ideelt sett bør det være en felles gjennomgang av produksjonsunderlaget.

En siste utfordring som bør nevnes er at prosjekter har generelt for lite fokus og rutiner for å holde oversikt over gjeldende prosjekteringsunderlag, herunder myndighetskrav, brukerkrav, og eier/byggherrekrav (Grimsmo, 2008, s.6). Byggherreorganisasjonen har derimot et ansvar her og Meland (2000, s.4) påpeker at byggherreorganisasjonen kan skape utfordringer ved å gi tvetydige signaler om prioriteringer i prosjektet. I tillegg mener Meland (2000, s.138) at tidspress, knappe honorarer til de prosjekterende og dårlig organisering av prosjektarbeidene de viktigste fiaskoprediktorene som kan tilbakeføres til byggherrens ansvarsområde.





## 4 Casestudie - Rehabiliteringen av NHH

Kapittelet omfatter en casestudie som har blitt gjennomført av Norges Handelshøyskole (NHH) sitt rehabiliteringsprosjekt. Først vil det gis en beskrivelse av prosjektet og deretter vil kapittelet redegjøre for de viktigste funnene som er relevant for oppgaven. Resultatene vil videre brukes i diskusjonskapittelet.

### 4.1 Beskrivelse av prosjektet

Prosjektet omhandlet i hovedsak rehabilitering av eldre bygningsmasse fra 1963, som består av høyblokk, lavblokker, aula og et representasjonslokale. Samlebetegnelsen for disse lokalene er Hovedbygget. Hovedbygget ligger mellom to andre bygg, Servicebygget og Nybygget, hvor det i Servicebygget var noe mindre ombygginger. Behovet for en oppgradering av Hovedbygget var stort og utfordringer som dårlig inn klima, lekkasjer i fasade og lav arealutnyttelse var blant grunnene for at prosjektet ble initiert i 2016. Prosjektet er nå inne i prøvedriftsfasen som avsluttes mot slutten av 2021. Et oversiktsbilde over NHH sine lokaler er vist i Figur 10.



*Figur 10: Oversiktsbilde NHH (Varde Solutions, 2018)*

Kontraktformen som ble valgt for prosjektet var totalentreprise med samspill i forprosjekt. Samspillgruppen ble definert som den gruppe av prosjekterende og teknisk underentreprenør som sammen med totalentreprenøren skulle delta i både prosjektering og utførelse av prosjektet.

I august 2017 ble totalentreprenør kontrahert og samspillsfase igangsatt. Etter samspillsfasen og avklart fastpris ble det inngått vanlig totalentreprisekontrakt og prosjekteringsgruppen ble da kontrahert totalentreprenøren. Hovedaktørene i prosjektet har vært:

**Byggherre:** Statsbygg

**Totalentreprenør:** HENT AS

## 4.2 Resultater fra casestudie

Casestudien av rehabiliteringen av NHH er gjennomført ved hjelp av dokumenter forfatteren har fått tilsendt og intervjuer av involverte aktører i prosjektet.

### 4.2.1 Forprosjekt med samspill

Før samspillsfasen ble igangsatt tidlig høst 2017 var et skisseprosjekt gjennomført. Skisseprosjektet tok utgangspunkt i bygningsmassens arealer og fokuserte på å utvikle fremtidsrettede, fleksible og arealeffektive løsninger. Tekniske løsninger ble allerede diskutert i dette arbeidet med mål om å etablere hensiktsmessige plasseringer av tekniske rom. I tillegg ble det gjennomført brukerprosesser i skisseprosjektet.

Til samspillsfasen ble HENT (heretter kalt totalentreprenøren) kontrahert som totalentreprenør med opsjon om fortsettelse i de fremtidige fasene. I totalentreprenørens tilbudsgrunnlaget ble deres prosjektgjennomføringsmodell, *Trimmet gjennomføring*, som omhandler prosjektering, bygging og ferdigstillelse presentert. Trimmet gjennomføring tar i utgangspunkt Lean-filosofien, noe som var et ønske fra Statsbygg (heretter kalt byggherre) at skulle vektlegges for å sikre forutsigbar fremdrift. Gjennom kontrakt presenterte derfor entreprenøren tidlig sine idéer innenfor Systematisk ferdigstillelse og standarden for prosjektets prosesser relatert til Systematisk ferdigstillelse ble dermed satt av totalentreprenøren selv. I intervjuene kom det frem at representanter fra totalentreprenøren selv så verdien av Systematisk ferdigstillelse. Byggherre har også gjennom intervju uttrykt at totalentreprenøren presenterte en god prosjektgjennomføringsmodell. Andre dokumenter relevant for Systematisk ferdigstilles som ble henvisning til i kontrakten mellom totalentreprenør og byggherre var NS 6450, NS 3935 og BA2015-veilederen om Systematisk ferdigstillelse.

I samspillfasen var hensikten å blant annet utarbeide beskrivelser for ulike fagfelt, kostnadskalkyle og detaljert fremdriftsplan. Prosjekterende har uttrykt at byggherre la til rette for at det skulle være tilstrekkelig tid til å planlegge og utarbeide optimale løsninger i samspillfasen. Et eksempel på et element som ble avdekket som kritisk for prosjektet og igangsatt tidlig var fasaden til Hovedbygget. Byggherre la til rette for at ulike løsningsalternativer kunne utarbeides, bygges og testes, i tillegg til at det var rom for å forkaste løsninger og nye kunne prosjekteres. Videre bisto byggherre totalentreprenør og prosjekterende med egne fagressurser for å kvalitetssikre løsningene. Varigheten på denne prosessen var utover samspillfasen, men effekten av en slik iterativ prosjektering var at prosjektet løste utfordringene med fasadelekkasjer. I tillegg ble underentreprenør for utførelse av fasaden inkludert i prosessen av totalentreprenøren. De fikk ansvar for å testbygge de ulike løsningene, som bidro til at underentreprenøren fikk økt kunnskap og var tryggere på hvordan de skulle utføre valgte løsning under byggefasen.

I arbeidet med gjennomføringsplanen ble prosjektet delt inn i kontrollområder. Inndeling i kontrollområder er et av premissene i totalentreprenørens gjennomføringsmodell *Trimmet gjennomføring*. Byggherre opplevde at Systematisk ferdigstilling og trinnvis testing ofte var på agendaen i samspillfasen ved at de undersøkte hva som var fornuftige systemer og hvordan muligheten var for å ferdigstille og teste kontrollområder hver for seg. Det var positivt at gjennomføringsplanen kom på et nivå som reflekterte kontrollområdene som ble bestemt, men den kunne blitt utarbeidet på et høyere detaljnivå. Det har blitt uttrykt at totalentreprenør ikke nødvendigvis hadde forstått omfanget av hva en samspillfase kunne inneholde, og derav brukte de mindre ressurser enn det som var planlagt. Totalentreprenøren kunne derfor i større grad planlagt teknisk infrastruktur og hvordan Systematisk ferdigstilling skulle bli ivaretatt i detaljprosjekteringen. Et læringspunkt avdekket i intervjuene er at en plan for Systematisk ferdigstilling burde blitt utarbeidet i samspillfasen. I tillegg kunne gjennomføringsplanen som ble lagt ved den vanlige totalentrepriskontrakten reflektert i større grad hvordan prosjektets testregime skulle være. Denne burde blitt kommunisert videre ned i prosjektorganisasjonen for å visualisere hva konsekvensene blir for prosjektet hvis en aktør ikke overholder en gitt tidsfrist.

I ettertid har flere informanter uttrykt at forståelsen for Systematisk ferdigstilling ikke var tilstrekkelig under samspillfasen, og dette til tross for at flere dokumenter som forklarer hensikten og prinsippene bak Systematisk ferdigstilling ble vedlagt i samspillfasens kontraktsinngåelse. Systematisk ferdigstilling burde fått et enda større fokus, og gjerne helt fra

skisseprosjektet. Totalentreprenøren engasjerte en rolle som skulle ivareta ITB og Systematisk ferdigstillelse i samspillsfasen, men en informant har uttrykt at resultatet ikke ble slik det var tiltenkt. Byggherre engasjerte teknisk byggherreombud etter samspillsfasen, men har erfart at denne rollen burde blitt kontrahert allerede i samspillsfasen. Kompetanseheving med fokus på hvorfor og hvordan Systematisk ferdigstillelse samt rolle- og ansvarsavklaring manglet i samspillsfasen, men samtidig var ikke de rette rollene til stede i denne fasen for å ivareta det.

En overordnet strategi for Systematisk ferdigstillelse lå som en del av tilbudsgrunnlaget til totalentreprenøren, men det var ikke utnevnt noen som skulle følge opp at denne ble fulgt samt at leveransefrister ble overholdt. I en idéell verden mente en informant at detaljprosjekteringen ikke bør starte før funksjonsbeskrivelser blant annet er levert, men i realiteten skjer dette svært sjeldent.

#### **4.2.2 Detaljprosjekteringsfasen**

Etter samspillsfasen ble det inngått en intensjonsavtale mellom byggherre og totalentreprenør. Som offentlig byggherre måtte videre finansiering av prosjektet behandles før byggherre kunne inngå en fastprisavtale med totalentreprenøren. Intensjonsavtalen ble derfor etablert for å sikre at totalentreprenøren økonomisk kunne starte detaljprosjektering før offisiell kontrakt var signert. Dette bidro til at detaljprosjekteringen kunne starte august 2018 i stedet for langt senere på høsten. Oppstart av rivearbeider var april 2019 og flere informanter har uttrykt at det var positivt at byggherre la til rette for at det var tilstrekkelig tid til detaljprosjekteringen.

Overgangen fra samspillsfasen til detaljprosjekteringen medførte endringer i prosjektstrukturen. Arkitekt og rådgivende ingeniør bygg som deltok i samspillsfasen ble tiltransportert fra byggherre til totalentreprenøren, og de tekniske rådgiverne ble videre tiltransportert til teknisk totalunderentreprenør. Videre ble nye roller engasjert, deriblant prosjektleder, prosjekteringsleder og ITB-koordinator hos totalentreprenøren og teknisk byggherreombud hos byggherre.

Gjennomføringsplanen som ble utarbeidet i samspillsfasen var bygd opp slik at Systematisk ferdigstillelse, i form av at prosjektering og testing kunne foregå kontrollområde for kontrollområde, og kunne ivaretas videre i detaljprosjekteringen. I oppstarten av detaljprosjekteringen ble den Lean-inspirerte arbeidsmetodikken *involverende planlegging* benyttet. Det ble satt av en hel dag hvor alle relevante fagfelt for prosjektet presenterte sine leveranser for hverandre. Under møtet gjennomførte de bakoverplanlegging, en teknikk hvor

en starter planleggingen ved prosjektets slutt og planlegger prosessene baklengs. Et slikt planleggingsprinsipp bidro til at de se avhengigheter og grensesnitt mellom leveransene.

Under oppstart av prosjektering er inntrykket at fokuset på Systematisk ferdigstillelse var mangelfullt. Oppfølging av frister for dokumenter som for eksempel system- og funksjonsbeskrivelser, burde i større grad vært gjennomført. Dette kan være et resultat av at en plan for Systematisk ferdigstillelse ikke ble utarbeidet i samspillsfasen. For å kunne ivareta dette i større grad kunne ITB eller teknisk byggherreombud bidratt under oppstart av prosjektering og informert de involverte om tidsfrister, hva som er forventet innhold og ikke minst hva konsekvensene blir hvis fristene ikke blir fulgt. En av konsekvensene av at funksjonsbeskrivelser ikke ble ferdigstilt tidlig nok i dette prosjektet var at planleggingen av bordtestene ble utsatt. Et annet tiltak som ble løftet frem i et av intervjuene og som kunne bidratt til å unngå dette er å få inn dokument- og leveranseplanen med tilhørende frister inn i prosjekteringsplanen, slik at prosjekteringsleder kan bidra til å følge opp arbeidet. I tillegg til å be de prosjekterende å signere på at fristene skal overholdes.

Flere informanter har uttrykt at det var utfordrende å ta igjen arbeidet som i større grad skulle vært ferdigstilt før detaljprosjekteringen, men at oppfølging av frister fikk et vesentlig større fokus da teknisk byggherreombud og ny ITB-koordinator fra totalentreprenør ble engasjert i prosjektet. En av årsakene til at arbeidet knyttet til Systematisk ferdigstillelse hadde vært mangelfullt var at oppslutningen og forståelse for Systematisk ferdigstillelse var mer begrenset hos flere involverte aktører. Et inntrykk representanter fra entreprenør og byggherre sitter igjen med etter denne fasen var at flere prosjekterende hadde i starten et ønske om å arbeide slik de hadde vane for og med arbeidsmetoder som var mer kjent for dem. Representanter fra prosjekteringsgruppen fortalte at prosjektering innenfor kontrollområder kan oppleves som ukjent og er nødvendigvis ikke alltid det mest effektive og hensiktsmessige for alle fagfelt. Samtidig så påpeker vedkommende at det handler om å tilpasse seg prosjektet og se helheten. Dette kan være mer utfordrende for fagfelt som ikke er involvert opp mot fulltid i et prosjekt og hvor vedkommende prosjekterer parallelt i flere prosjekter. Et annet inntrykk som ble avdekket i intervjuene er at de prosjekterende kan se på Systematisk ferdigstillelse som et forsøk på detaljstyring fra totalentreprenøren og byggherre, noe som kan begrense engasjementet for metodikken. Det ble i tillegg trukket frem at på grunn av den store informasjonshåndteringen i et prosjekt så kan ikke prosjektledelsen ta for gitt at alle involverte leser alle dokumentene og i tillegg forstår alt av innholdet i dem. Det meste av informasjon kan i varierende grad tolkes og

derfor er det viktig å skape en dialog om blant annet prosjektets gjennomføringsplan. Et forbedringspunkt flere informanter var enig om er å investere enda mer tid og ressurser i å etablere en plan for Systematisk ferdigstillelse og kommunisere denne til alle involverte i prosjektet. I tillegg må de involvere ulike fagfelt tidlig for å gi de mulighet til å gi innspill, og videre sørge for at alle i prosjektet forstår planen og ser hvilke positive effekter Systematisk ferdigstillelse vil gi til prosjektet.

Ifølge representanter fra totalentreprenøren var deres ITB-koordinator mer engasjert i dette prosjektet enn det de hadde erfart i tidligere prosjekter. ITB-koordinatoren ble etter hvert engasjert på fulltid slik at vedkommende kunne bidra utover det som står beskrevet i NS 3935. Sammen med teknisk byggherreombud ble ITB-koordinatorens ansvarsoppgave i starten av detaljprosjekteringen å sørge for at flere involverte så hensikten og hvordan arbeidet med Systematisk ferdigstillelse skulle gjennomføres. I detaljprosjekteringsfasen var det ingen faste møter mellom prosjekterende og ITB-koordinator, men det har blitt uttrykt at det burde vurderes i fremtidige prosjekter. Dette kunne bidratt til at ITB-koordinator fikk satt enda mer fokus på Systematisk ferdigstillelse og skapt mer forståelse for hvorfor dokumenter må ferdigstilles tidligere enn det prosjekterende er vant med. Det er et ønske om at prosjektets testplan prioriteres tidlig i prosjekteringsfasen. Dette vil kreve at underlaget som er nødvendig for å etablere denne ferdigstilles tidlig. Hvis ikke vil en plan for bygging ikke kunne bli justert ut ifra hvor lang tid som er nødvendig for testperioden. I NHH-prosjektet burde prosjekteringsfasen blitt systematisert ytterligere, slik at utarbeidelsen av underlag ble ferdigstilt i riktig rekkefølge.

For å sikre at prosjekteringsgruppens leveranser var i tråd med byggherrens forventninger og kontraktens innhold ble kravanalyser gjennomført. Kravanalyse møter ble gjennomført ukentlig og ble delt opp fagvis. ITB-koordinator var involvert da de tekniske fagene skulle gjennomføre kravanalyser. Enkelte underentreprenører uttrykte at slike møter ikke var nødvendig, ettersom de mente de hadde ivaretatt alt som sto i kontrakten. ITB-koordinatoren fikk overbevist dem om at en gjennomgang av krav var viktig og prosessen resulterte i at de sammen fikk avdekket at underentreprenøren ikke var like sikker på om alt som sto i kontrakten var mulig for dem å gjennomføre. Eksempelet viser at slike møter bidro til å ha fokus på å levere det som står beskrevet av byggherre. Flere informanter har uttrykt at kravanalyse er en aktivitet de ikke har erfart i like stort omfang i tidligere prosjekter.

Å gjennomføre en kravanalyse krever tid og ressurser, og ikke minst oppfølging. Informasjonshåndteringen i et prosjekt kan være omfattende, og det er mange krav som skal

vurderes. Prosjekteringslederen hadde et kontinuerlig fokus på det og resultatet ble en god oversikt over hvilke krav som ble ivaretatt eller ikke, og hvilke tiltak som måtte gjøres hvis det var avvik fra kontrakt. I ettertid har prosjekteringslederen uttrykt at de prosjekterende burde bidratt i større grad i utarbeidelsen av kravanalyse-dokumentet, i stedet for at prosjekteringslederen hadde ansvaret alene. En forutsetning for å kunne gjennomføre en kravanalyse er at byggherre er tydelig på hva de ønsker i prosjektet. I dette prosjektet var byggherre mer tydelig enn hva flere informanter har erfart tidligere. Samtidig er det et forbedringspunkt å strukturere og samle informasjonen ytterligere slik at prosessen med kravanalyse blir lettere. Et annet forbedringspunkt som ble trukket frem var at prosjekteringen ikke burde starte før alle fagfelt har vært gjennom en kravanalyse, ettersom det er sjekklisten til de prosjekterende. I NHH-prosjektet klarte de ikke dette.

Faste aktiviteter som ble gjennomført i detaljprosjekteringen var BIM- og prosjekteringsmøter. BIM-modellen reflekterte kontrollområdene prosjektet var delt inn i og under møtene gikk alle de prosjekterende gjennom eventuelle kollisjoner som hadde oppstått i det aktuelle kontrollområdet. Kollisjonene ble diskutert og rettet opp i underveis i møtet. I prosjekteringsmøtene involverte prosjekteringsgruppen byggherre og brukere. Under disse møtene ble ferdig prosjekterte kontrollområder presentert i BIM-modellen og utfordringer ulike fagfelt måtte ha ble diskutert med bruker og byggherre. Prosjekteringslederen har uttrykt at det var uvant at byggherre og bruker deltok i så stor grad på prosjekteringsmøter, men at dette bidro til økt forståelse og godt samarbeid. Spesielt for brukere var det viktig å kunne komme med innspill på de planlagte løsningene.

En annen aktivitet som ble gjennomført i detaljprosjekteringen var bordtester. Disse ble gjennomført like før byggefasen startet, basert på systemtype. De involverte var teknisk byggherreombud, ITB, byggherres driftsorganisasjon og totalunderentreprenørens systemintegrator. I tillegg ble andre fagrådgivere involvert ved behov. Gjennom bordtestene var ønsket å få ferdigstilt alle funksjonsbeskrivelsene på et detaljert nivå. I tillegg gjennomgikk systemintegrator testprosedyrer vedkommende hadde utarbeidet og sammen kunne de verifisere at det var mulig å teste slik det var beskrevet. Andre kunne i tillegg komme med innspill hvis testprosedyrene ikke samsvarte med innholdet i funksjonsbeskrivelsene. Fra intervju kom det frem at bordtestene bidro til enighet om hvordan testingen skulle foregå i testperioden og at byggherres driftsorganisasjon ble bedre kjent med systemene. Ofte kan uenigheter om hvordan testingen skal foregå komme i testperioden, men dette unngikk de. I

tillegg trengte de ikke å revidere testprosedyrene senere i prosjektet. Samtidig har flere uttrykt at bordtestene skulle blitt gjennomført tidligere, selv om det viktigste er å få de gjennomført før byggefasen begynner. Fordelen dette gir er muligheten til å gjennomføre bordtestene enda mer grundig. I tillegg ville det bidratt til at byggherre, da spesielt driftsorganisasjonen, kunne blitt involvert tidligere og mer aktivt. Bordtestene avdekker hvordan underentreprenøren har tolket innholdet i kontrakt. Ved å gjennomføre bordtestene tidligere vil driftsorganisasjonen få avdekket om det er riktig tolkning eller ikke før eventuelle endringer blir mer kostbart. Hvis dette blir avdekket senere vil prosessen rundt endringer i prosjektert underlag bli tyngre.

### **4.2.3 Byggefase, ferdigstillelse og idriftsettelse**

Til tross for at det var nevnte utfordringer underveis i detaljprosjekteringen ble underlaget ferdigstilt før oppstart av bygging. I tillegg klarte prosjektet å prosjektere slik at byggingen kunne foregå kontrollområde for kontrollområde. Flere informanter har uttrykt at selve byggeprosessen for det meste fungerte bra. Inndelingen i kontrollområder bidro til mer forutsigbarhet til hvor og hvilke arbeider underentreprenørene skulle begynne med. I tillegg fikk de luket ut systematiske feil og mangler kontinuerlig gjennom å avdekke hva som gikk galt i første kontrollområde, og sørget for at disse ikke skulle gjentas i de neste kontrollområdene. ITB og teknisk byggherreombud gjennomførte kontrollbefaringer etter et kontrollområde var ferdigstilt. Når feil eller mangler var avdekket fikk de ansvarlige tid til å rette opp disse før ny kontrollbefaring. Hvis resultatet var bedre etter oppretting kunne neste kontrollområde starte bygging.

Byggherre hadde planlagt at opp til 10 måneder skulle brukes til testing og kontroll. En informant har uttrykt at dette var mye tid og bidro til at arbeidet med Systematisk ferdigstillelse gikk bra i sluttfasen. Prosjektet opplevde at de fikk mer fleksibilitet og hvis de på et tidspunkt ikke var samkjørt med fremdriftsplanen ville det likevel ikke få konsekvenser for ferdigstillelsesdatoen. En informant mente at det å gi tilstrekkelig tid til testing kan bidra til økt kvalitetssikring og motvirke «støpesjuka» som ofte blir aktuelt når fremdriftsplanen er presset.

Informantene forteller at det var stor enighet i prosjektet om at den nødvendige tiden som trengtes til testing ikke kunne reduseres på grunn av forsinkelser i andre aktiviteter. Alle andre aktiviteter måtte etter beste evne korrigeres etter den. Hvis det oppsto forsinkelser ble aktiviteter som påvirket testperioden prioritert. Det vil si at kosmetiske feil og mangler ikke ble prioritert, men de opplevde at de ble løst i testperioden ettersom de ikke påvirket testingen. Under



testingen ble driftspersonell involvert som en del av opplæringen. De opplevde at det var lite korrigerende fra driftsorganisasjonen, som betyr at prosjektet klarte å oppnå det som var ønsket i prosjekteringsfasen. I tillegg har flere uttrykt at deres deltakelse i prosessen bidro til at det var mindre problemer med å drifte systemene i prøvedrift.

Når prosjektet skulle inn i prøvedrift var det flere informanter som mente at prosjektet hadde færre feil og mangler sammenlignet med det de hadde erfart tidligere. Mengden avvik kunne være stor i de første kontrollområdene, men det positive var at de kunne starte å rette disse mange måneder før overlevering. Tiden før overlevering opplevde de svært få feil og de som ble avdekket hadde ingen stor økonomisk konsekvens. Dette medførte at endelig sluttbefaring ble gjennomført på kun et par dager. En informant mente at prosjektet ikke kunne vært i prøvedrift nå hvis de ikke hadde vektlagt Systematisk ferdigstilling og hatt en gjennomføringsmodell som var basert på kontrollområder. Hensikten med prøvedrift er ikke å rette feil og mangler, men å optimalisere løsninger for å sikre at brukeren får et bygg som passer deres bruk.

#### **4.2.4 Funn på tvers av fasene**

##### **Samlokalisering**

I samspillsfasen uttrykte byggherre at hele prosjektorganisasjonen med byggherre, prosjekterende og entreprenør skulle samlokaliseres i et felles kontor nært NHH. Dette ble videreført over til detaljprosjekteringsfasen og prosjektet satt samlokalisert frem til at koronarestriksjoner gjorde det vanskelig mars 2020. Byggherre var veldig påpasselig på at prosjekterende skulle være samlokalisert i detaljprosjekteringen. Effekten av dette var hurtige avklaringer, i tillegg til at dialogen mellom de ulike aktørene var mer åpen sammenlignet med andre prosjekter hvor samlokalisering ikke blir vektlagt i like stor grad. I et prosjekt er det flere optimaliseringsmuligheter og gjennom samlokalisering kunne de lettere være kreativ sammen. Det er en stor enighet blant informantene om at samlokalisering har bidratt svært positivt for prosjektet og at de ikke har opplevd det i like stor grad i andre prosjekter.

Prosjektet satt samlokalisert med gåavstand til NHH. I ettertid har flere informanter uttrykt at de prosjekterende burde utnyttet dette bedre og hyppigere gått befarings på bygget. Dette ville vært nyttig for de prosjekterende, ettersom det var et rehabiliteringsprosjekt og bygget var tilgjengelig. Samlokaliseringen ble derfor ikke utnyttet til sitt fulle potensiale. Et tiltak, foreslått

av en av informantene, er å legge en slik forventning inn i kontrakt. Spesielt i rehabiliteringsprosjekter kunne det vært et krav om en grundig befaring etter endt riving.

### **Fokus på involvering**

Flere informanter har uttrykt at det var mye fokus på å involvere relevante aktører. Brukerne blant annet fikk tidlig bli involvert i planleggingen og deltok aktivt på prosjekteringsmøter. Dette hadde ikke enkelte informanter opplevd i tidligere prosjekter. Brukerne fikk derfor mer innsikt i hvordan prosjektets fremdrift var og mulighet for å komme med innspill. Tidlig involvering bidro ifølge en informant at brukerne ble mer fornøyd med resultatet.

I intervjuene har det blitt avdekket at byggherres driftsorganisasjon burde vært involvert tidligere og i større grad. Dette for å hindre at tilbakemeldinger på arbeidet kommer for sent og prosessen med å gjøre endringer blir mer utfordrende og ikke minst økonomisk dyrere. I tillegg kunne det vært verdifullt å høste erfaringer fra lignende bygg. Driftsorganisasjonen til NHH deltok aktivt, men ifølge en informant ble byggherrens driftsorganisasjon mer glemt i prosessen. Som tiltak har en informant foreslått å ha en representant fra drift i prosjektorganisasjonen fra start. Det handler ikke nødvendigvis å involvere de på heltid, men at månedlig er det faste møter hvor driftsorganisasjonen kan få innsikt i hva som planlegges og hva som er levert av prosjektet underlag. Dette vil i tillegg gi drift forståelse for hvordan andre involverte aktører har tolket innholdet i kontrakten.

Som nevnt tidligere burde personer med god forståelse for Systematisk ferdigstillelse og hvordan det må ivaretas i prosjektet blitt involvert i forprosjektet. Sannsynligvis ville de bidratt til et økt fokus på Systematisk ferdigstillelse og hatt mer forståelse for hvem som burde blitt involvert i planleggingen. En informant har erfart at prosjekter ofte kan glemme i planleggingen å involvere de som har god innsikt i det tekniske. Videre fortalte vedkommende at i dagens prosjekter må de tekniske fagene prioriteres og involveres i større grad, ettersom den tekniske infrastrukturen er avgjørende for hvordan prosjektets kontrollområder bør se ut.

### **Bruk av KPI'er og prestasjonsmåling**

I prosjektet utarbeidet ITB-koordinator egne KPI'er for å følge opp arbeidet med Systematisk ferdigstillelse i byggefasen. Disse målte hvorvidt arbeidene var i henhold til frist eller ikke og ble brukt til fremdriftsrapportering på Systematisk ferdigstillelse til byggherre. I intervjuene kom det frem at bruk av KPI'er burde blitt etablert og formidlet i tidligfase. Kipene kunne gitt byggherre mer oversikt over prosjektets fremdrift med tanke på Systematisk ferdigstillelse og

bidratt til å forhindre forsinkelser på leveranser. I en dokument- og leveranseplan kan byggherre, prosjekteringsgruppen og entreprenør etablere tidsfrister for alle dokumenter som skal produseres og i hvilken rekkefølge. I tillegg er det viktig byggherre og totalentreprenør uttrykker for hele prosjektorganisasjonen sin forventning om at disse skal rapporteres på jevnlig og at hele prosjektorganisasjonen er inneforstått med at dette er viktig for prosjektets fremdrift. Det ble i tillegg foreslått i et intervju at det kunne være en økonomisk konsekvens hvis fristene ikke blir overholdt, men at byggherre generelt burde bli flinkere til å be om status på arbeidet med Systematisk ferdigstilling.

### **Kommunikasjon og personavhengigheter**

Flere informanter har gitt uttrykt for at dialogen mellom ulike aktører var svært åpen. Kommunikasjonen mellom byggherre, totalentreprenør og underentreprenører var god. Det var rom for å diskutere og være uenig, men tonen var for det meste hyggelig etterpå. I et intervju kom det frem at det var lettere i dette prosjektet å få byggherre til å ta beslutninger. Det kunne være noen beslutninger som tok lengre tid, men prosjektledelsen var opptatt av i detaljprosjekteringen at de måtte ta raske beslutninger på det som kunne få en fremdriftskonsekvens.

I intervjuene har det blitt løftet frem at enkelte personer har bidratt mye for at prosjektet i stor grad lyktes med Systematisk ferdigstilling. Kompetansen og dedikasjonen de ga til prosjektet bidro til at flere fikk forståelse for metodikken. I tillegg var de tydelig overfor andre at Systematisk ferdigstilling måtte inn i planene og at testperioden ikke kunne reduseres på grunn av forsinkelser i andre leveranser. En informant fortalte at det var en unik personkjerne i prosjektet og det bidro til at aktørene samarbeidet veldig godt.



## 5 Resultater fra dybdeintervjuer

Det har blitt gjennomført tolv semi-strukturerte dybdeintervjuer, basert på informasjonen som ble tilegnet i litteraturstudiet, dokumentanalysen og casestudiet. Intervjuene har blitt gjort i samsvar med prosedyrene beskrevet i kapittel 2. Alle intervjuobjektene regnes som troverdige og pålitelige kilder, da de har flere års erfaring fra norsk bygg- og anleggsbransjen. Intervjuobjektene meninger og synspunkter er presentert i fire ulike underkapitlene. Resultatene vil videre brukes i kapittel 6, hvor de vil diskuteres opp mot funn fra casestudien og teorikapittelet.

### 5.1 Systematisk ferdigstillelser verdi for byggeprosjekter

Alle representanter har kunnskap om Systematisk ferdigstillelse, samt kjennskap til veilederen (Johansen og Hoel, 2016) og norske standarder som NS:6450 og NS:3935. Flertallet har erfaring med å gjennomføre metodikken i prosjekt, mens de resterende har vært faglige ressurser inn mot gjennomføringen av Systematisk ferdigstillelse. Blant informantene er det stor enighet om at Systematisk ferdigstillelse har en positiv effekt både på prosjektgjennomføringen og resultatet. Følgende utsagn illustrerer enkelte informanternes mening om Systematisk ferdigstillelse og hvilken verdi det gir:

*«Systematisk ferdigstillelse er ikke nødvendig for å planlegge og ferdigstille et byggeprosjekt, men hvis prosjektet velger å ta bruk metodikken er det økt sannsynlighet for at resultatet er i samsvar med bestillingen fra byggherre og brukere.»*

*«Effekten av Systematisk ferdigstillelse er at bygget overleveres til rett tid og med riktig kvalitet. Ettersom reklamasjonskostnader går ned, får prosjektet i større grad en mer forutsigbar økonomi.»*

*«Systematisk ferdigstillelse fører til en mer systematisk gjennomføring av prosjekteringsarbeidet. Ved å tidlig etablere dokumenter som har fokus på funksjon vil prosjekterende få en sjekklister for videre arbeid. Sjekklister bør brukes for å kontrollere at prosjekterte løsninger samsvarer med ønsket funksjon.»*

Representanter fra en totalentreprenør forteller at deres motivasjon for å ta i bruk Systematisk ferdigstilling er basert på at de gjentatte ganger håndterte sluttfasen til prosjektene dårlig. Som regel var det utfordringer med å ferdigstille de tekniske fagene og det var ikke tid til å gjennomføre tester før overleveringsdato. Konsekvensen av dette var at de måtte utbedre feil og mangler etter overlevering, noe som var frustrerende for både byggherre og brukere. Erfaringen de sitter igjen med etter å ha anvendt Systematisk ferdigstilling i prosjekt er at bygget som overleveres er i god stand, samt en trygghet i at det ikke vil komme store kostnadsdrivende overraskelser senere i prøvedrift. Med Systematisk ferdigstilling sikrer de en mer forutsigbar prosjektgjennomføring, noe som vil ha verdi, ikke bare i det spesifikke prosjektet, men også for når de kan engasjeres i nye prosjekter.

## **5.2 Systematisk ferdigstilling i tidligfase**

Blant informantene er det en bred forståelse for at Systematisk ferdigstilling starter ved prosjektstart og for å lykkes må metodikken på agendaen allerede i tidligfase. Informantene er enige om at byggherre må stille krav til at Systematisk ferdigstilling skal være et gjennomgående fokus i arbeidet som skal utføres i prosjektet. For å ivareta dette mener informantene at Systematisk ferdigstilling må være en del av byggherres kontraktsgrunnlag. En informant viser til at gjennomføring av et prosjekt med Systematisk ferdigstilling skiller seg fra den tradisjonelle gjennomføringsmodellen, og derfor er det spesielt viktig å kontraktsfeste metodikken. Hvis ikke er byggherre avhengig av at andre aktører tar i bruk Systematisk ferdigstilling på eget initiativ, noe som vedkommende ikke tror kan forventes i et prosjekt.

Et utsagn som beskriver hvilket fokus Systematisk ferdigstilling bør ha i tidligfase og som blir gjentatt i flere intervjuer er:

*«Systematisk ferdigstilling starter ved å begynne med å tenke på slutten.»*

En informant viser til at når et prosjekt nærmer seg skisseprosjekt har det allerede vært gjennom en mulighetsstudie med en overordnet kostnads kalkyle, og det er som oftest et ønske om å videreføre prosjektet. Fokuset bør være på hvordan bygget skal ferdigstilling og settes i drift. En annen informant påpeker at nøkkelen er å starte med ferdigstillingsdato, for så å benytte bakoverplanlegging. Dette må også planlegges med brukerne, slik at idriftsettingen blir

hensiktsmessig for dem. I forbindelse med planlegging forteller en representant fra byggherre at byggherre er nødt til å sette av tilstrekkelig tid til planlegging og prosjektering, og påpeker at flere byggherrer kan bli flinkere på dette.

Videre forteller flere av informantene at en plan for Systematisk ferdigstillelse er viktig å etablere i tidligfase. Planen må synliggjøre hvordan Systematisk ferdigstillelse skal gjennomføres i prosjektet og frister for når underlagsdokumenter skal leveres. Flere påpeker at alle relevante aktører må være involvert utarbeidelsen av planen, slik at den blir omforent. En informant mener at planen vil være dynamisk, ettersom endringer kan skje underveis i prosjektet. Vedkommende forteller videre at endringer ikke blir like problematisk hvis prosjektet har etablert en plan og i tillegg vil planen bidra til å undersøke om prosjektet har de riktige rollene for å sikre at Systematisk ferdigstillelse blir ivaretatt i prosjektet. En annen informant mener at det er nødvendig at plan for Systematisk ferdigstillelse blir integrert i hovedfremdriftsplanen, slik at det blir lettere å kommunisere hvor inngripende metodikken er i hele prosjektet.

På spørsmål om hvilke konkrete elementer som må vurderes i tidligfase svarer en informant byggekkefølge og om prosjektet skal inndeles i kontrollområder. Hvis kontrollområder skal benyttes må disse utarbeides. Relatert til dette svarer en annen informant at byggebransjen må innse at tekniske fag må prioriteres i større grad i tidligfasen. Vedkommende mener at inndeling av kontrollområder må gjøres ut ifra den tekniske infrastrukturen slik at prosjektet blir forberedt på å teste teknikken i hensiktsmessig rekkefølge senere. Nøkkelen er å involvere teknisk ekspertise i tidligfase slik at tekniske fag blir prioritert fra start.

Flere informanter opplever at enkelte kan være negative til at slutfasen får et økt fokus i tidligfase. Bakgrunnen til dette mener de handler om at aktører oppfatter Systematisk ferdigstillelse som merarbeid og at de ikke har tradisjon for å arbeide på denne måten. Flere informanter mener at prosjektet ikke kan ta for gitt at alle forstår hva det innebærer og hvilken konsekvens det har for eget arbeid, og dette til tross for at relevante dokumenter som veilederen (Johansen og Hoel, 2016) og standarder (Standard Norge, 2019, 2016) henvises til i kontrakt. To informanter påpeker derfor at Systematisk ferdigstillelse må ufarliggjøres og hensikten med metodikken må komme tydeligere frem. Som tiltak forteller en representant fra totalentreprenør at de har erfart at det var nyttig å få en innføring i Systematisk ferdigstillelse av byggherre, samt diskutere hvordan metodikken skulle gjennomføres i prosjektet. Slike oppstartssamtaler kan

ifølge flere informanter bidra til å tydeliggjøre byggherres forventning til Systematisk ferdigstillelse, i tillegg til det som står i kontrakt.

Det trekkes frem av flere informanter at Systematisk ferdigstillelse kan ikke kun være aktuelt som tema i en kontraherings- og oppstartsfase. På spørsmål om hva byggherre bør fokusere på i tidligfase svarer en informant kort og presist:

*«Oppfølging, oppfølging, oppfølging.»*

Flere informanter er enige om at fagfeltet fortsatt er umodent for flere aktører og at oppfølging derfor er essensielt for å lykkes med Systematisk ferdigstillelse. I alle faser mener flertallet at prosjekter trenger en engasjert byggherre som ber om tilbakemelding på arbeidet som utføres. Flere informanter mener at dette gjelder uavhengig av entreprisform. Bruk av KPI'er på punktlighet blir i tillegg trukket frem som et verktøy som kan bidra til oversiktlig oppfølging. En informant forteller at ofte brukes milepæler på større leveranser, men at prosessen frem til ferdig leveranse ikke blir målt. Vedkommende mener i tillegg at fortløpende fremdriftsmåling kan bidra til mer oversikt over prosessene knyttet til Systematisk ferdigstillelse.

### **5.3 Prosjektering med fokus på Systematisk ferdigstillelse**

Flere informanter er enig i at et viktig fokusområde knyttet til Systematisk ferdigstillelse i prosjekteringen er utarbeidelse av relevante dokumenter som blant annet systemliste, systemskjemaer og funksjonsbeskrivelser. Dette gjelder uavhengig av entreprisform. De forklarer videre at disse dokumentene er essensielle for videre arbeid med Systematisk ferdigstillelse og flere informanter påpeker at detaljprosjektering ikke bør starte før blant annet funksjonsbeskrivelser er levert. Følgende utsagn fra enkelte informanter illustrerer de positive effektene ved å etablere disse dokumentene tidlig:

*«En funksjonsbeskrivelse og systemliste gir entreprenørene oversikt og forståelse for systemene som det forventes skal igangkjøres og testes, samt hjelper de å gjøre riktig innkjøp.»*

*«Funksjonsbeskrivelser kan bidra til å avdekke tidlig om systemenes funksjon samsvarer med forventningene til byggherre og bruker.»*

Videre trekkes det frem at disse dokumentene blant annet er nødvendig for å kunne planlegge testperioden og nøkkelen for å utarbeide testprosedyrer og avsette tilstrekkelig tid til testing i



hovedfremdriftsplanen. Det er ikke alle detaljer som er avdekket når dokumentene utarbeides, men ifølge informantene er det bedre å ha underlag med lavere modenhetsnivå enn ingenting. Det presiseres av en informant at en funksjonsbeskrivelse kan benyttes som sjekklister ved endringer. Det vil si at prosjekterende må inn i funksjonsbeskrivelsen for å undersøke om endringen har konsekvens for ønsket funksjon.

På spørsmål om hvilke utfordringer informantene har erfart med prosjektering og Systematisk ferdigstilling, svarer flertallet at forsinkelser knyttet til disse dokumentene er en av de største. Flere mener at årsaken til forsinkelsene er kompleks, men utsagnene under viser mulige årsaker enkelte informantene trekker frem:

*«De prosjekterende har ikke alltid forståelse for hva en funksjonsbeskrivelse skal inneholde.»*

*«Det er ikke tradisjon for å utarbeide funksjonsbeskrivelser tidlig. I forbindelse med innsamling til Forvaltning, Drift og Vedlikehold (FDV), har funksjonsbeskrivelser ofte blitt utarbeidet sammen med leverandør og har beskrevet hvordan systemet ble ved ferdigstilling.»*

*«Det kan være et iboende ønske fra prosjekterende å gå rett ned i materien. De fleste har en idé om funksjonalitet, men det skisseres ikke ned på papiret før de fleste detaljene er klarert.»*

En representant fra byggherre trekker frem tidsklemme som en årsak til at forsinkelsene oppstår. Vedkommende forklarer at prosjekterende ofte er i slutfase i et prosjekt når de egentlig skal være dedikert til tidligfase i et annet. De kommer dermed på etterskudd inn i et prosjekt og tidspresset bidrar til at prosjekterende starter med detaljene i stedet for det overordnede som funksjoner. En rådgivende ingeniør forteller at fra et økonomisk perspektiv må ofte de prosjekterende være på flere prosjekter i ulike faser samtidig. En annen informant forteller at prosjekterende ofte er veldig flinke på sine egne leveranser, men at det prosjekteres ofte i en silo.

Videre forteller flere informanter at god prosjekteringsledelse er nøkkelen for å lykkes med riktig fokus på Systematisk ferdigstilling i prosjekteringsfasen. En informant mener at det viktig at prosjekteringsgruppen får eierskap til egen fremdriftsplan. Vedkommende trekker frem at involverende planlegging kan bidra til å lettere kartlegge avhengigheter og planlegge nødvendig møtevirksomhet. En annen informant forteller at informasjonsmøter som omhandler Systematisk ferdigstilling i prosjekteringsfasen kan være nødvendig for å sikre at hele

prosjekteringsgruppen får forståelse for arbeidet som skal gjøres. Vedkommende poengterer at det er viktig at de prosjekterende forstår at de ikke skal gjøre noe nytt, men at arbeidet kun skal gjøres tidligere og i en annen rekkefølge.

I forbindelse med god prosjekteringsledelse er det ifølge en informant viktig å ha en prosjekteringsleder som har forståelse for alle fagfeltene. En utfordring vedkommende trekker frem er at prosjekteringsleder ofte ikke har bakgrunn i det tekniske, men i det bygningsmessige. Utfordringen ligger derfor i at det blir vanskeligere å stille spørsmål til underlag og vurdere hvilken prioritert tekniske fag skal få tidlig i prosjekteringen. Ifølge informanten bør alle som skal være prosjekteringsleder ha grunnkurs i alle fag. Videre forteller flere informanter at prosjekteringsleder bør ha Systematisk ferdigstillelse på agendaen i alle prosjekteringsmøter og følge opp tidsfrister som blir satt i dokument- og leveranseplanen. Det trekkes også frem at prosjekteringslederen må formidle jevnlig at prosjekteringsgruppen har en viktig rolle opp mot å planlegge for en bedre slutfase for flere aktører.

På spørsmål om hvilke tiltak som kan bidra til å ivareta Systematisk ferdigstillelse i prosjekteringsfasen svarer flere informanter inndeling i kontrollområder og bordtester. Ifølge en informant er inndeling i kontrollområder oppskriften til Systematisk ferdigstillelse, uten dette blir det vanskelig å få systematikk i arbeidet. Uten en systematikk i hvor prosjekteringsarbeidet skal starte vil det bli vanskeligere å verifisere områder. Det kan medføre at prosjekteringsfeil blir gjennomført i hele bygget og at de må prosjekteres om igjen hvis de oppdages. En annen informant mener at prosjektering i kontrollområder krever at de prosjekterende må tenke mer på fellesskapet og ikke hvordan de kan suboptimalisere for seg selv.

Når det gjelder bordtester forteller en informant at en bordtest utført til riktig tid samt godt gjennomført vil bidra til at entreprenører ikke anskaffer store mengder komponenter som ikke fungerer sammen med resten av det tekniske anlegget. En representant fra byggherre forteller at tidspunktet for når en bordtest skal utføres avhenger av prosjekt og entrepriseform, men det viktigste er at de gjennomføres i god tid før teknikken installeres i bygget. Vedkommende forteller i tillegg at det kan være nyttig å avslutte detaljprosjekteringen med de første bordtestene. Bordtestene vil i dette tilfellet kontrollere at leveransen til de prosjekterende er ferdigstilt og til riktig kvalitet. Flere informanter poengterer i tillegg at bordtestene kan være en arena for å samle prosjekterende, utførende og driftende aktører. Gjennom bordtestene kan rådgivere kommunisere hva som er planlagt for de som skal utføre arbeidet på byggeplass. I

tillegg blir driftspersonell kjent med systemene som de skal overta ansvaret for etter ferdigstillelse.

Avslutningsvis forteller en informant at prosjektet er avhengig av at testprosedyrer, grensesnittsdokumenter, funksjonsbeskrivelser og systemskjemaer er ferdigstilt før en bordtest gjennomføres. I lys av at forsinkelser er en utfordring i prosjekter, mener vedkommende at prosjektledelsen må gi noen roller ansvaret for bordtestene, for eksempel entreprenør. Da vil prosjektet i større grad oppnå at de som har ansvar for testen vil fokusere på å få underlaget levert til riktig tid. Delegering av ansvar gjelder ikke kun for bordtester, men også underlag som skal produseres. Samme informant forteller det er viktig å gi flere i prosjekteringsgruppen hovedansvaret for ulike systemer som omfatter flere fagfelt. Prosjekteringsleder kan danne arbeidssesjoner som kun diskuterer spesifikke systemer, i stedet for at det diskuteres på større prosjekteringsmøter med mange deltagere. Vedkommende opplever at på større prosjekteringsmøter blir diskusjonen enten for spesifikt mellom få personer eller for overordnet som igjen ikke gir konklusjoner for videre arbeid.

## **5.4 Andre roller og organisering knyttet til Systematisk ferdigstillelse**

En representant fra byggherreorganisasjonen forteller at ansvaret og oppfølging knyttet til Systematisk ferdigstillelse ofte faller mellom to stoler. Flere tar litt ansvar, men ingen hovedansvaret. Det er mye å holde oversikt over i tidligfase og derfor uttrykker flere informanter at prosjekter må organiseres slik at de har roller som ivaretar Systematisk ferdigstillelse fra tidligfase og helt til ferdigstillelse. Det trekkes frem av en informant at det er essensielt at byggherre kjenner sin plikt til å etablere de rollene som prosjektet trenger. Roller som ITB-koordinator og Rådgivende ITB (R-ITB) foreslås i intervjuene.

R-ITB er en rolle som flere informanter mener skal inkluderes i prosjekteringsgruppen. En informant forteller at den viktigste rollen til en R-ITB er å sørge for at prosjekteringsgruppen ivaretar funksjonalitet og grensesnitt, samt forholder seg til frister. I tillegg bør rollen kontrollere at prosjekteringsgruppen har prosjektert etter bestillingen fra byggherre. Videre uttrykker flere informanter at entreprenøren bør engasjere en ITB-koordinator i deres organisasjon, men at dette vil avhenge av entreprisform. En representant fra en totalentreprenør mener at ITB-funksjonen hos totalentreprenør skal sørge for at Systematisk ferdigstillelse blir ivaretatt hos underentreprenører og prosjekterende. Uavhengig av hvilken

entrepriseform mener flere informanter at det bør være en dedikert ressurs i byggherreorganisasjonen som kan følge opp Systematisk ferdigstillelse og stille spørsmål til arbeidet som utføres. I større prosjekter mener en informant at det bør være en egen stilling hos byggherre som skal ivareta ansvaret, mens i mindre må det vurderes ut ifra prosjektets kompleksitet og økonomiske størrelse. Samtidig poengterer en annen informant at en dedikert rolle for Systematisk Ferdigstillelse i byggherreorganisasjonen vil kunne signalisere at dette arbeidet er viktig for byggherre i prosjektet. I følge en annen informant vil en representant hos byggherre i tillegg har mer mandat til å angi retning for hvordan arbeidet skal gjøres systematisk med grunnlag i prosjektets interesse, og ikke hver enkelt aktørs interesse. I mindre prosjekter hvor byggherreorganisasjonen ikke har en dedikert stilling knyttet til Systematisk ferdigstillelse mener flere at prosjektleder må støtte seg på en tilsvarende rolle hos de rådgivende eller entreprenør. Flere uttrykker i tillegg at det er prosjektlederen som har hovedansvar for å Systematisk ferdigstillelse blir ivaretatt, og da må det sikres at vedkommende har tid til å følge opp arbeidet. Hvis ikke må ansvaret delegeres eller nye roller engasjeres.

Hvis prosjektet velger å engasjere roller som skal ivareta Systematisk ferdigstillelse blir det av flere informanter uttrykt at det mest hensiktsmessige er fulltidsstillinger. Roller basert på langt mindre procenter mener enkelte informanter ikke er nyttig og vil minske deres eierskap til prosjektet. Informantene mener dette gjelder øvrige roller også. En representant fra byggherre forteller at det ikke alltid er nødvendig med rene ITB-roller i et prosjekt. I slike tilfeller vil det være hensiktsmessig å gi ITBen en teknisk prosjekteringsrolle i tillegg. Vedkommende eksemplifiserer med at en prosjekteringsansvarlig automatikk kan med fordel kombineres med en ITB-funksjon.

En annen aktør som bør fokuseres på i forbindelse med Systematisk ferdigstillelse er driftsorganisasjonen. Flere informanter mener at driftsorganisasjonen bør tilegnes en rolle i prosjektorganisasjonen, slik at prosjektet sikrer at driftskompetansen er ivaretatt. Ifølge en representant fra en driftsorganisasjon er det sjeldent tid til å delta aktivt i et pågående prosjekt. Dette er fordi deres primærfunksjon er i ferdige bygg. Vedkommende forteller at en definert rolle kan bidra til at driftsorganisasjonen sørger for at de har satt av tilstrekkelig med tid og ressurser for å kunne ivareta rollen. I tillegg ville vedkommende følt seg mer inkludert i prosjekter. Avslutningsvis forteller representanten fra en driftsorganisasjon at desto mer kunnskap som tilegnes før prøvedrift, desto bedre forutsetninger har driftsorganisasjonen for å overta det ferdigstilte bygget og videre drifte det hensiktsmessig.

## 6 Diskusjon

I dette kapitlet vil empirien og litteraturen fra teorikapitlet diskuteres. Bakgrunnen for diskusjonen er forskningsspørsmålene som ble presentert i kapittel 1. Først vil potensielle utfordringer knyttet til Systematisk ferdigstillelse undersøkes. Deretter vil det fremlegges en diskusjon rundt hvordan byggherre i tidligfase kan legge til rette for at Systematisk ferdigstillelse blir en gjennomgående prosess i hele prosjektforløpet. Avslutningsvis vil det diskuteres hvordan prosjekteringsprosessen kan ivareta Systematisk ferdigstillelse. Diskusjonskapitlet vil med dette legge grunnlaget for konklusjonen i kapittel 7.

### 6.1 Utfordringer knyttet til Systematisk ferdigstillelse

Systematisk ferdigstillelse ble introdusert for bransjen som en reaksjon på at prosjekter starter for sent med å planlegge slutfasen. Feil og mangler oppdages ikke tidlig nok, og erfaringer fra tidligere prosjekter tilsier at manglende fokus på Systematisk ferdigstillelse er hovedårsaken til dette (Johansen og Hoel, 2016). Forskning gjennomført av Beste (2020) viser at Systematisk ferdigstillelse har en positiv effekt på prosjektgjennomføring, og vil muliggjøre ferdigstillelse innenfor gitte tids-, kostnads-, og kvalitetskrav. Teorien bak idriftsetting underbygger Beste (2020) sin forskning, og det vises til at tidligere fokus på slutfasen vil gi besparelser knyttet til færre endringer og forsinkelser (Baechler og Farley, 2011; Mills, 2011a; Della Barba, 2005). Dette samsvarer med resultatene fra dybdeintervjuene og i NHH-prosjektet ble det eksplisitt sagt at uten Systematisk ferdigstillelse ville prosjektet opplevd flere feil og mangler, i tillegg til forsinkelser.

Prosjekter kan derimot ikke forvente at alle problemer i slutfasen automatisk løses ved å implementere metodikken. Systematisk ferdigstillelse bryter med den tradisjonelle prosjektgjennomføringen og bare det i seg selv kan by på utfordringer. Med dette som utgangspunkt, og et ønske om å forberede prosjekter på mulige barrierer, ble forskningsspørsmål 1 utarbeidet:

*Hvilke utfordringer er knyttet til Systematisk ferdigstillelse?*

Som nevnt over bryter Systematisk ferdigstillelse med den tradisjonelle tankegangen rundt gjennomføring av prosjekter, og da spesielt prosjektering. Det er et behov for at arbeidsformer og aktiviteter som tradisjonelt sett har blitt plassert mot slutten, vektlegges tidligere i prosjektet (Johansen og Hoel, 2016). Endring kan derimot ofte møtes med motstand og dette er en reell utfordring prosjekterende kan oppleve når noe nytt som Systematisk ferdigstillelse, introduseres. Dette underbygges av Ballard *et al* (2007) som mener at motstand mot endring er en av de største utfordringene i bygg- og anleggsbransjen.

Endringsmotstand må ses i sammenheng med frykten for det ukjente. Resultatene fra dybdeintervjuene viser til at Systematisk ferdigstillelse fortsatt er et umodent fagfelt for flere aktører, og i en bransje hvor marginene kan være små foretrekkes derfor ofte de mer kjente arbeidsmetodene. Dette var tilfellet i NHH-prosjektet hvor de prosjekterende uttrykte et ønske om å arbeide slik de hadde vane for.

De mer kjente og trygge arbeidsmetodene prosjekterende ofte refererer til, har bakgrunn i sekvensiell prosjektering. Informanter fra dybdeintervjuer omtaler dette som silotenking eller en «over the wall»-tilnærming. I intervjuene kommer det frem at prosjekterende tradisjonelt har arbeidet mye for seg selv, og interaksjon med andre fag har vært mer aktuelt mot slutten av prosjekteringen. Dette kan by på utfordringer ettersom feil og mangler blir avdekket senere i prosjektløpet og kan som McLeamy-kurven viser i Figur 8, medføre økte endringskostnader. Koordinering i prosjekteringen har i tillegg ofte vært sentrert rundt prosjekteringsmøter der de fleste fagdisipliner er representert. En utfordring ved å kun ha større møter som arena for koordinering, er at det ofte vil føre til en svært overordnet diskusjon eller en diskusjon hvor fåtallet diskuterer, mens resten blir passive og mister fokus. Konsekvensen av slike prosjekteringsmøter er at den ønskede samhandlingen ikke nødvendigvis bringer prosjektet fremover.

Endring representerer ofte en usikkerhet for de involverte, og det kan være en av grunnene til at prosjekter opplever motstand når Systematisk ferdigstillelse introduseres. I Ahiaikwo *et al* (2003) sin studie om Lean Construction bekreftes dette. Resultatene fra studiet viste at endringsmotstanden prosjektene opplevde, skyldtes at aktørene var usikre på hvilke fordeler Lean Construction kunne gi, og derfor var det mindre motivasjon for å prøve nye arbeidsmetodikker. Usikkerheten kan også være knyttet til økonomi. I teorien bak idriftsetting ble det vist til at flere har en oppfatning av at idriftsetting er en kostnad i stedet for investering (Lopez, 2000). Det kan i tillegg være at det som oppleves som endringsmotstand for ledelsen,

egentlig er et resultat av at mangel på tid fører til at de involverte velger mer kjente og trygge arbeidsmetoder. Under tidspress kan for eksempel mer samhandling i prosjekteringsfasen oppleves som tidkrevende, og derfor foretrekkes silotenking eller en «over the wall»-tilnærming til prosjekteringsarbeidet.

En annen utfordring som blir poengtert i flere dybdeintervjuer, som også ble avdekket i casestudiet av NHH, er forsinkelser knyttet til prosjekteringsleveranser. Spesielt er det utfordrende å få ferdigstilt systemliste og funksjonsbeskrivelser tidsnok. Årsaken til dette kan være at prosjektet generelt har satt av for lite tid til prosjekteringsarbeid (SINTEF, 2017), eller at prosjekteringsgruppens tid og ressurser ikke disponeres riktig (Kristensen, Andersen og Torp, 2013). I resultatene fra dybdeintervjuene vises det til at prosjekterende er i en konstant tidsklemme. Ofte er de i slutfasen av et prosjekt når de egentlig skal være dedikert til tidligfase i et annet, og dermed havner de på etterskudd fra første stund. Ifølge en rådgivende ingeniør som ble intervjuet, planlegges det gjerne for å være involvert i flere prosjekter med ulikt arbeidsomfang parallelt, og at bakgrunnen for dette er at ikke alle faser i et prosjekt rettferdiggjør økonomisk en fulltidsstilling. Vedkommende forteller at forsinkelser oppstår når uforutsette hendelser fører til høyt arbeidsomfang i prosjektene samtidig.

Som nevnt i resultatene fra dybdeintervjuene kan forsinkelsene knyttet til systemliste og funksjonsbeskrivelser være et resultat av prosjekterendes iboende ønske om å gå rett ned i materien. Det kan ikke bekreftes om dette er et bevisst ønske, men det kan tenkes at det er en handling basert på at det ofte er mer utfordrende å beskrive funksjon, enn å begynne å prosjektere mulige løsninger. Bakgrunnen for dette er at en funksjonsbeskrivelse krever mye forståelse for hvordan et system fungerer alene, og sammen med andre. Mest sannsynlig har prosjekterende en idé om funksjonalitet, men at det likevel er tryggere å begynne med detaljene slik at de forsikrer seg om at løsningen er gjennomførbar før de beskriver den. En annen årsak kan være frykten for å låse seg til løsninger tidlig. Endringer i systemliste og funksjonsbeskrivelser kan oppstå etter hvert som flere og flere aktører involveres i prosjektet. For prosjekterende kan dette oppfattes som merarbeid og som kunne vært unngått hvis funksjonsbeskrivelsen utarbeides på et senere tidspunkt.

Både Wig (2014) og Modig & Åhlström (2012) mener at ressurseffektivitet er den dominerende måten å tenke effektivitet på i dagens næringsliv. I ressurseffektive organisasjoner er det ønskelig med best mulig utnyttelse av ressursene slik at utførelsen blir mest mulig produktiv og effektiv. Utfordringer knyttet til denne tilnærmingen er at det som er effektivt for hver enkelt

ikke nødvendigvis er effektivt for helheten. I NHH-prosjektet ble det sagt at ikke alle var like positivt innstilt til nye arbeidsformer som ble introdusert, deriblant taktplanlegging. Bakgrunnen for dette var at arbeidsformen ikke opplevdes som effektiv for den enkelte aktør. Denne mentaliteten kan være bakgrunnen for at flere prosjekter opplever forsinkelser knyttet til systemliste og funksjonsbeskrivelser. For prosjekterende kan det oppleves som lite effektivt å arbeide med disse i tidlig fase, da de ofte erfarer at endringer kan komme senere når nye aktører involveres. Basert på dette kan det derfor tenkes at flere aktører i bygg- og anleggsbransjen fokuserer mer på å maksimere egen ressursutnyttelse enn verdiskapning for prosjektet som helhet. Sett i et økonomisk perspektiv er det selvfølgelig interessant, ettersom alle ønsker å utnytte sine ressurser best mulig. En rådgivende ingeniør som ble intervjuet til oppgaven bekreftet dette og kunne videre fortelle at økonomi er årsaken til at prosjekterende engasjerer seg i flere prosjekter samtidig. Samtidig kan det tenkes at effekten av et overdrevent fokus på ressurseffektivitet kan være manglende fokus på samhandling i prosjektene. En av årsakene til at prosjekter opplever store mengder feil og mangler har bakgrunn i mangel på samspill og kommunikasjon (Grimsmo, 2008). Dette kan videre gi økonomiske konsekvenser som kunne vært unngått ved å fokusere på flyteffektivitet, det vil si et fokus på prosjektets helhet. I et økonomisk perspektiv er det derfor ikke sikkert at et høyt fokus på ressurseffektivitet er det beste alternativet.

Avslutningsvis kan det være utfordrende å anvende Systematisk ferdigstilling i prosjekter hvis det ikke får tilstrekkelig fokus og oppfølging fra prosjektledelsen. I dybdeintervjuene ble det poengtert at oppfølging er essensielt for å lykkes med Systematisk ferdigstilling. Erfaringer fra tidligere prosjekter viser til at Systematisk ferdigstilling krever et nytt tankesett hos de involverte, og derfor må prosjektledelsen heve kunnskapsnivået (Holm, 2017). Studier gjennomført med fokus på Lean Construction, konkluderer med at ledelsens involvering vil føre til at resten av deltakerne i prosjektet blir tryggere på de prosessene som bli innført (Brady, Tzortzopoulos og Rookl, 2011). Manglende fokus kan i tillegg føre til at roller som er nødvendig for å ivareta Systematisk ferdigstilling, ikke blir engasjert tidlig nok. Dette er en utfordring som ble avdekket i NHH-prosjektet. Flere informanter uttrykte at manglende fokus førte til at de ikke engasjerte de riktige rollene tidlig nok for å ivareta Systematisk ferdigstilling. Det kom derimot høyere opp på agendaen da disse rollene ble engasjert i detaljprosjekteringen, men at manglende fokus og oppfølging tidligere i prosjektet medførte at det var ekstra arbeid knyttet til systemliste, funksjonsbeskrivelser og systemskjemaer som måtte tas igjen.



## 6.2 Byggherres tilrettelegging av Systematisk ferdigstillelse i tidligfase

Ut ifra teorien som ble tilegnet gjennom litteraturstudiet er det viktig at byggherre og prosjektledelsen har fokus på Systematisk ferdigstillelse fra starten av, og forankrer metodikken nedover i byggherre- og prosjektorganisasjonen (Johansen og Hoel, 2016). Funn fra studier om Lean Construction tilsier at ledelsens engasjement i endringsprosesser er essensielt, ettersom det er de som setter eksempler til etterfølgelse for resten av organisasjonen (Brady, Tzortzopoulos og Roookl, 2011). Systematisk ferdigstillelse starter ved prosjektstart, og arbeidet i de tidlige fasene vil kunne legge føringer for hvor vellykket arbeidet med Systematisk ferdigstillelse blir senere i prosjektet. Med utgangspunkt i dette ble forskningsspørsmål 2 utarbeidet:

*Hvordan kan byggherre i tidligfase legge til rette for at Systematisk ferdigstillelse blir en gjennomgående prosess i hele prosjektløpet?*

I forrige underkapittel ble utfordringer knyttet til Systematisk ferdigstillelse belyst og diskutert. Basert på teori og den empiriske dataen vil dette underkapittelet diskutere tiltak som kan bidra til å minimere utfordringene. Diskusjonen tar utgangspunkt i at byggherre initierer tiltakene, ettersom byggherreorganisasjonen ofte har stor mulighet til å påvirke prosjektets strategier og rutiner i tidligfase. Hvem som initierer tiltakene, kan variere ut ifra entreprisemodell og det kan derfor være at enkelte tiltak også er relevant for andre aktører.

Hvordan byggherre kan tilrettelegge for at Systematisk ferdigstillelse blir en gjennomgående prosess i hele prosjektførløpet, og vil bli diskutert i seks forskjellige kategorier:

- Kontraktsfeste Systematisk ferdigstillelse
- Tidlig involvering av roller og ressurser
- Samlokalisering
- Tilstrekkelig tid til planlegging og projektering
- Kompetanseheving
- Jevnlig oppfølging

Med bakgrunn i litteratur og empirisk data fra casestudie og dybdeintervjuene har disse blitt ansett som de mest sentrale og konkrete tiltakene. Det kunne vært interessant å diskutere flere, men av tidsmessige hensyn er det nødvendig å avgrense oppgaven. I diskusjonen vil spesielt

dataen innhentet fra casestudie og dybdeintervjuene bli vektlagt, da de i større grad enn litteraturstudiet går i dybden rundt forskningsspørsmålet.

### **Kontraktsfeste Systematisk ferdigstillelse**

Blant informantene som ble intervjuet var det stor enighet om at byggherre må stille krav til at Systematisk ferdigstillelse skal være et gjennomgående fokus i arbeidet som skal utføres i prosjektet. Et tiltak for å sikre dette er å inkludere Systematisk ferdigstillelse i byggherrens kontraktsgrunnlag. I NHH-prosjektet ble dette gjort ved å henviser til BA2015-veilederen (Johansen og Hoel, 2016) og norske standarder som NS 6450 og NS 3935. Det kan tenkes at effekten av at byggherre kontraktsfester Systematisk ferdigstillelse med sine aktører er at disse vil videre inkludere metodikken i sitt kontraktsgrunnlag med andre aktører. Dette vil kunne bidra til at flere involverte i prosjektet må prioritere Systematisk ferdigstillelse, og kan dermed redusere forsinkelser av dokumenter og leveranser knyttet til Systematisk ferdigstillelse. Ifølge enkelte informanter fra dybdeintervjuene kan kontraktsfesting av Systematisk ferdigstillelse føre til at aktører priser seg høyere. Det er likevel en reell utfordring at aktører motsetter seg nye arbeidsmetodikker og uten en kontraktsfesting vil aktørene ha muligheten til nettopp det. Utfordringer knyttet til motstand mot endring er belyst i underkapittelet over og med utgangspunkt i dette er det rimelig å anta at den ekstra kostnaden egentlig er en investering for prosjektets suksess.

I tillegg til å kontraktsfeste Systematisk ferdigstillelse rent generelt, samt henviser til veiledere og relevante standarder, kan det være hensiktsmessig å detaljere omfanget ytterligere i kontraktsunderlaget. Eksempelvis kan byggherre stille krav om at entreprenøren skal utarbeide en plan for Systematisk ferdigstillelse i tidligfase. På denne måten vil byggherre tidlig få oversikt over hvordan entreprenøren har planlagt å gjennomføre Systematisk ferdigstillelse i det spesifikke prosjektet. Dette vil videre bidra til å kunne avdekke om entreprenøren har tilstrekkelig forståelse for Systematisk ferdigstillelse.

En mulig effekt av å forplikte entreprenør til å utarbeide en plan for Systematisk ferdigstillelse tidlig er at de i større grad vil bli kjent med prosjektets omfang. Arbeidet med planen kan i tillegg bidra til å tidligere avdekke hvilke roller som er nødvendig for å kunne ivareta Systematisk ferdigstillelse internt hos den andre kontraktsparten. Dette var et forbedringspunkt som ble trukket frem i NHH-prosjektet. En annen konsekvens av at planen ikke var utarbeidet tidlig i NHH-prosjektet var at etablering og oppfølging av frister for nødvendige dokumenter ikke ble gjennomført. I forbindelse med dette kan det derfor være mulig i

prosjekteringskontrakter å stille krav om at relevante dokumenter som systemliste og funksjonsbeskrivelser skal utarbeides tidlig i prosjektet. Om dette er et tiltak byggherre skal gjøre vil avhenge av entreprisemodell.

### **Tilstrekkelig tid til planlegging og prosjektering**

En representant fra byggherre uttrykket i et dybdeintervju at byggherre er nødt til å sette av tilstrekkelig tid til planlegging og prosjektering. Vedkommende poengterte videre at ikke alle byggherrer er like flinke til å ta dette ansvaret. Utsagnet samsvarer med hva teorien mener er utfordringer i prosjekteringsfasen. Meland (2000) viser til at manglende tid til prosjektering er den viktigste faktoren som kan føre til fiasko i byggeprosjekter, og Grimsmo (2008) forteller at tids- og arbeidspress går på bekostning av kvalitetssikring.

Å sikre tilstrekkelig tid til planlegging og prosjektering er egentlig forankret i byggherreforskriften (Byggherreforskriften, 2009). Samtidig viser avsnittet over at flere byggherrer muligens ikke tar forskriftskravet til etterfølgelse. Det kan være to årsaker til dette. Den ene er knyttet til investeringskostnaden og at byggherrer ønsker kort planleggingstid slik at de hurtigere får realisert prosjektet. Den andre årsaken kan ha utgangspunkt i et ønske om å ta i bruk bygget så fort som mulig. Begge disse to årsakene motarbeider det å sette av tilstrekkelig tid til planlegging og prosjektering. Manglende tid til planlegging og prosjektering kan resultere i en økt mengde feil og mangler, noe som vil gi forsinkelser og påvirke hvor fort byggherre får overlevert bygget. Det er dermed ikke gitt at tidsbesparelser i planleggings- og prosjekteringsprosessen vil føre til at prosjektet sparer tid totalt sett.

Verdien av tilstrekkelig tid til planlegging og prosjektering kan illustreres i NHH-prosjektet. De involverte i prosjektet uttrykte at det var rom for å planlegge og utarbeide optimale løsninger. Spesielt prosessen med Hovedbyggets fasade ble trukket frem som en suksess på grunn av at byggherre satt av tilstrekkelig tid til en iterativ prosjekteringsprosess. Flere informanter mente at prosjektets tidsplan bidro til økt fleksibilitet og en mindre stressende periode før ferdigstillelsesdato. Ofte medfører stress forhastede løsninger og det kan derfor tenkes at NHH-prosjektet unngikk flere feil og mangler ved å sette av tilstrekkelig tid til planlegging og prosjektering. Fra teorien omtales dette som «støpesjuka», som er en av kildene til sløsing i byggeprosjekter (Kristensen, 2019).

Et annet aspekt ved å investere mer tid i planlegging og prosjektering er hvilken gevinst det vil gi for fremtidige prosjekter. Flere informanter uttrykte at Systematisk ferdigstilling fortsatt er

umodent for flere aktører i bransjen, og det kan derfor ta tid å lære seg en ny arbeidsmetodikk. I forrige underkapittel ble det påpekt at mangel på tid kan resultere i at de involverte heller foretrekker kjente og trygge arbeidsformer. For å redusere sjansen for at endringsmotstand oppstår er det viktig at byggherre legger til rette for at endringene ikke skjer under pressede omstendigheter. Mest sannsynlig vil Systematisk ferdigstillelse bli mer og mer kjent for flere aktører i bransjen og det er ikke gitt at total planleggings- og prosjekteringstid på sikt vil bli noe lengre enn det som er ønsket i dag. Tilstrekkelig tid til planlegging og prosjektering kan derfor anses som en investering. Når det gis tid til involverte å arbeide etter Systematisk ferdigstillelse vil de kunne få bedre erfaring når de går inn i neste prosjekt. Når flere er kjent med arbeidsmetodene er det rimelig å anta at arbeidet kan gå raskere.

Selv om masteroppgaven i mindre grad har fokusert på utførelsesfasen er det likevel viktig å poengtere at byggherre i tillegg må sette av tilstrekkelig tid til testing i denne fasen. I NHH-prosjektet mente flere informanter at byggherre la til rette for en lengre testperioden enn hva de hadde opplevd i tidligere prosjekter. Effekten av tiltaket var økt kvalitetssikring og i tillegg bidro det til å motvirke «støpesjuka». Dette illustrerer viktigheten av å gi de involverte rom for å arbeide under mindre tidspress.

### **Tidlig involvering av roller og ressurser**

Resultatene fra dybdeintervjuene viser til at prosjekter må organiseres slik at de har roller som ivaretar Systematisk ferdigstillelse fra tidligfase og helt til ferdigstillelse. Flere informanter poengterer at det er essensielt at byggherre kjenner sin plikt til å etablere de rollene som prosjektet trenger. Denne plikten blir i tillegg referert til NS 3935, og hvis byggherre legger ved standarden i kontraktsgrunnlaget, forplikter de seg derfor til å engasjere en ITB-ansvarlig ved prosjektets oppstart. Det er av forfatters oppfatning at rollene knyttet til oppfølging og gjennomføring av Systematisk ferdigstillelse, blir definert ulikt i prosjekter. I forbindelse med datainnsamling blir benevninger som Prosjektleder Systematisk ferdigstillelse, ITB-ansvarlig, R-ITB-ansvarlig og teknisk byggherreombud nevnt som ansvarlig for å ivareta Systematisk ferdigstillelse.

Uavhengig av hvilken benevning som benyttes bør det være en person som er tidlig involvert og dedikert til Systematisk ferdigstillelse. I NHH-prosjektet er involvering til riktig tid et forhold som bør forbedres i fremtidige prosjekter. I prosjektet burde totalentreprenørens ITB eller teknisk byggherreombud blitt engasjert tidligere enn i detaljprosjekteringen, slik at kompetansen de trengte for å ivareta Systematisk ferdigstillelse var til stede i tidlig planlegging.

En konsekvens av å involvere slike roller for sent er manglende oppfølging og fokus, og da spesielt på dokumenter som systemliste og funksjonsbeskrivelser. Dette kan videre resultere i forsinkelser.

Hvordan prosjekter velger å organisere ansvaret knyttet til Systematisk ferdigstillelse kan variere. I mindre prosjekter kan det være hensiktsmessig med en rolle som ivaretar både Systematisk ferdigstillelse og teknisk prosjektering. Dette vil sikre at vedkommende er mer engasjert og dedikert til prosjektet og ikke kun den mindre stillingsprosenten som Systematisk ferdigstillelse krever. I større prosjekter vil det muligens være nødvendig med en 100 % stilling. Hvordan organiseringen blir vil avhenge av entreprisform. I en totalentreprise for eksempel kan det være at byggherre stiller krav om at totalentreprenøren engasjerer en slik rolle. Uavhengig av entreprisform kommer det likevel frem fra den empiriske dataen at byggherre uansett burde ha en dedikert ressurs i byggherreorganisasjonen som kan følge opp Systematisk ferdigstillelse. Denne ressursen vil kunne følge opp prosjekteringsleveranser, legge premissene for hva som skal bli testet og kvalitetssikre arbeidet med Systematisk ferdigstillelse. I tillegg ble det uttrykt i et dybdeintervju at en slik ressurs hos byggherre vil ha mer mandat til å angi retning for hvordan arbeidet skal gjøres systematisk med grunnlag i prosjektets interesse, og ikke hver enkelt aktørs interesse.

En annen fordel ved å tidlig ha en dedikert ressurs knyttet til Systematisk ferdigstillelse i byggherreorganisasjonen, er at det skaper kontinuitet. Dette kan illustreres med et eksempel fra NHH-prosjektet. I samspillsfasen var det ingen som ivaretok oppfølging og hovedansvaret for Systematisk ferdigstillelse. Da de nye rollene som skulle ivareta Systematisk ferdigstillelse ble engasjert i detaljprosjekteringen måtte det investeres mye tid i å undersøke hva som hadde blitt gjort og hvilket arbeid som manglet fra den foregående fasen. Hvis en slik ressurs derimot hadde vært engasjert tidlig ville det først og fremst skapt et annet fokus på Systematisk ferdigstillelse, men vedkommende kunne i tillegg formidlet videre hva for eksempel ITB-ansvarlig hos totalentreprenøren må prioritere etter at kontrakten er signert, og arbeidet for totalentreprenøren starter. Eksempelet viser til at roller som engasjeres tidlig kan bidra til å skape en oversikt og kontinuitet over hele prosjektet.

En annen rolle som ikke har blitt diskutert, men som bør involveres tidlig er driftsorganisasjonen. Resultater fra dybdeintervjuene og casestudie av NHH viser til at en representant fra driftsorganisasjonen bør i tidligfase inkluderes som en del av prosjektorganisasjonen. I NHH-prosjektet var dette et forbedringspunkt som bør få økt fokus i

fremtidige prosjekter. En utfordring som ble avdekket i NHH-prosjektet var at driftsorganisasjonen ikke nødvendigvis hadde tid til å engasjere seg i prosjektet. En representant fra driftsorganisasjonen fortalte i sitt intervju at deres funksjon primært er i det ferdige bygget og derfor må oppgaver som angår dette prioriteres. Hvis byggherre legger til rette for at drift får en definert rolle i prosjektet, og blir en del av prosjektorganisasjonen tidlig, vil det kunne sørge for at driftsorganisasjonen setter av tilstrekkelig tid og ressurser for å kunne ivareta denne rollen. En slik rolle trenger nødvendigvis ikke å være engasjert på fulltid, men på en slik måte at de jevnlig kan få innsikt i hva som planlegges og hva som er prosjektert underlag. Hvis driftsorganisasjonen er en del av byggherreorganisasjonen må byggherre i tillegg tilrettelegge for at de kan gjøre denne prioriteringen.

Fordelen ved å involvere driftsorganisasjonen tidlig er kompetansen de gir til prosjektet. Ifølge Beste (2020) vil driftsorganisasjonen med sin erfaring bidra til å optimalisere løsninger fra et driftsperspektiv. Dette samsvarer med hva informantene har uttrykt i den empiriske dataen. Videre vil tidlig involvering av driftsorganisasjonen medføre at de får mer kompetanse om og eierskap til bygget de skal drifte i fremtiden. Når prosjektet i tillegg involverer driftsorganisasjonen i testingen og sikrer opplæring, vil forutsetningene for en vellykket overtakelsesprosess øke betraktelig (Beste, 2020; Johansen og Hoel, 2016).

### **Kompetanseheving**

Ifølge flere informanter som ble intervjuet er informasjonsmengden i et prosjekt ofte overveldende og det kan være vanskelig for alle involverte å få tilstrekkelig oversikt over omfang og arbeidsmetoder. I den forbindelse er det viktig at byggherre ikke tar for gitt at alle involverte har forstått hva Systematisk ferdigstillelse innebærer, og hvilke konsekvenser det har for deres arbeid. Det er for så vidt rimelig av byggherre å forvente at de involverte aktørene leser og forstår relevante dokumenter som henvises til i kontrakt, deriblant veilederen (Johansen og Hoel, 2016) og standarder som NS 6450 og NS 3935, men ut ifra den empiriske dataen gjøres dette sjeldent.

En utfordring knyttet til dokumenter generelt er at det vil alltid være en mulighet for å tolke innholdet. I tillegg vil tolkningen ofte kunne være i den retning som passer aktørens egen vinning. I stedet for at alle involverte leser og tolker de ulike dokumentene som er knyttet til Systematisk ferdigstillelse, bør byggherre tilrettelegge for informasjonsmøter hvor metodikken er øverst på agendaen. Systematisk ferdigstillelse er fortsatt umodent for flere aktører og slike møter vil bidra til å heve kompetansenivået. Som nevnt over kan informasjonsmengden være

overveldende, og det er derfor viktig at det på slike informasjonsmøter konkretiserer hvilken informasjon de involverte skal fokusere på. Det kan derfor være hensiktsmessig å ha et eget informasjonsmøte for entreprenøren som fokuserer på testing, og et for prosjekteringsgruppen som for eksempel fokuserer på systemliste og funksjonsbeskrivelser. I tillegg kan plan for Systematisk ferdigstillelse presenteres, slik at konsekvensene av å ikke overholde frister kan visualiseres. Dette kan videre bidra til at flere får eierskap til planen.

Informasjonsmøter kan brukes til å diskutere hvordan metodikken skal gjennomføres eksplisitt i prosjektet. Ifølge flere informanter fra dybdeintervjuene vil dette bidra til å tydeliggjøre byggherrens forventning til Systematisk ferdigstillelse. I NHH-prosjektet var ikke byggherrens forventning til Systematisk ferdigstillelse tydelig nok i tidligfase, og konsekvensen av dette var at prosjekterende ikke forholdt seg i særlig stor grad til fristene som var satt i dokument- og leveranseplanen. I tillegg ble det vanskeligere for totalentreprenørens ITB å "pushe" øvrige aktører ettersom de hadde et inntrykk av at Systematisk ferdigstillelse ikke var et viktig fokusområde for byggherre.

Arbeidet bak Systematisk ferdigstillelse er ikke nødvendigvis nytt for de involverte, men det krever at arbeidsoppgaver gjøres tidligere og i en annen rekkefølge. Byggherre må klare å formidle dette tydelig og et informasjonsmøte om Systematisk ferdigstillelse bør som minimum inneholde punkter som:

- Hvorfor?
- Hvordan?
- Hvem?
- Når?

Punktet *Hvorfor?* er spesielt viktig, ettersom det handler om å få alle involverte til å forstå hva hensikten med Systematisk ferdigstillelse er. Fra teorien om idriftsetting var det flere som hadde en oppfatning av at ekstra fokus på slutfase i tidligfase var en kostnad i stedet for en investering (Lopez, 2000). Dette kan også være tilfellet med Systematisk ferdigstillelse og derfor er det essensielt at byggherre formidler hvilke positive effekter Systematisk ferdigstillelse vil gi prosjektet som helhet og for hver enkelt aktør.

Avslutningsvis kan det være nødvendig at byggherre hever kompetansenivået på hva de ulike prosjekteringsleveransene skal inneholde. Fra den empiriske dataen ble det avdekket at ikke alle prosjekterende har forståelse for hva blant annet en funksjonsbeskrivelse skal inneholde.

Det er derfor viktig at byggherre viser eksempler på dokumenter og hjelper de hvis det er nødvendig.

### **Samlokalisering**

Et annet tiltak byggherre kan gjøre for å sikre at Systematisk ferdigstilling blir en gjennomgående prosess i hele prosjektløpet er å tilrettelegge for at aktørene sitter samlokalisert. I NHH-prosjektet ble samlokaliseringen trukket frem som en stor suksess. Byggherre uttrykte i samspillsfasen en tydelig forventning om at hele prosjektorganisasjonen skulle samlokaliseres i et felles kontor nært NHH. Samlokaliseringen ble så videreført frem til koronarestriksjoner gjorde det vanskelig i mars 2020. Resultatet av samlokaliseringen var en mer åpen og effektiv kommunikasjon. I tillegg la det til rette for at aktører kunne være kreativ sammen, og dermed i større grad optimalisere løsninger.

Ifølge Kristensen (2016) vil samlokalisering bidra til økt synlighet, åpenhet, samhandling og informasjonsutveksling. Videre kan det tenkes at flere aktører vil få eierskap til fremdriftsplaner og prosjektet som helhet hvis byggherre i tillegg legger til rette for såkalte BIG-ROOM. Å arbeide i omgivelser som visuelt viser hvilke konsekvenser det har for andre dersom en enkelt aktør er forsinket med sitt arbeid, kan gi økt ansvarsfølelse. Hvis samlokalisering i tillegg bidrar til bedre relasjoner innad i prosjektorganisasjonen, slik som i NNH-prosjektet, kan samlokalisering kombinert med BIG-ROOM føre til at aktører er ekstra motivert for å unngå forsinkelser, som for øvrig er en negativ konsekvens for andre.

### **Jevnlig oppfølging**

Den empiriske dataen viser til at prosjekter trenger en engasjert byggherre som ber om tilbakemelding på arbeides som utføres. Manglende oppfølging kan som underkapittelet over belyser, skape utfordringer knyttet til forsinkelser av nødvendige prosjekteringsleveranser. Flere informanter mener derfor at jevnlig oppfølging av byggherre er essensielt, uavhengig av entreprisform.

Et viktig aspekt ved jevnlig oppfølging av arbeidet som utføres i prosjektet, er at det kan sikre et resultat som er tilfredsstillende for byggherre. Som nevnt over kan alle dokumenter tolkes til en viss grad. Dette gjelder også kontraktsdokumenter. Hvis byggherre ikke følger opp arbeidet kan konsekvensen være at resultatet blir innenfor kontrakten, men at likevel på minimumsnivå. Etersom marginene kan være små i et prosjekt, vil ofte leverandører levere minimum, samtidig som byggherre forventer maksimum. I et prosjekt vil mest sannsynlig det riktige stedet være



midt imellom disse forventningene, men for å sikre et slikt resultat må byggherre være engasjert i utførelsen av arbeidet. Oppfølging vil bidra til å avdekke misforståelser tidligere i prosjektet, som videre kan føre til færre feil og mangler i slutfasen.

Oppfølgingsrutiner må av byggherre etableres i tidligfase, slik at alle involverte i prosjektet er forberedt på hva de skal rapportere på av arbeid. Johansen og Hoel (2016) foreslår en oppfølgingsrutine som er basert på KPI'er og prestasjonsmåling. Flere informanter fra dybdeintervjuene er enig i dette og de mener at fortløpende fremdriftsmåling kan bidra til mer oversikt over prosessene knyttet til Systematisk ferdigstilling. I NHH-prosjektet ble KPI'er og prestasjonsmåling benyttet i utførelsesfasen og flere involverte påpekte at dette bidro til bedre oversikt over fremdriften. Et forbedringspunkt i prosjektet var å benytte en lignende oppfølgingsrutine i prosjekteringsfasen, og involverte mente at dette kunne bidratt til å forhindre forsinkelser på leveranser. En slik oppfølgingsrutine vil bli diskutert nærmere i neste underkapittel, men for å oppsummere er det viktig at byggherre i tidligfase uttrykker sin forventning om at KPI'er skal det rapporteres jevnlig for hele prosjektorganisasjonen, og sist, men ikke minst, sørger for at hele organisasjonen er inneforstått med at dette er viktig for prosjektets fremdrift.

### **6.3 Prosjekterings arbeid for å ivareta Systematisk ferdigstilling**

Stenstad, Rolstad og Vordahl (2005) viser til at 40 % av feil og mangler prosjekter opplever, kan direkte tilbakeføres til prosjekteringsprosessen. Dette samsvarer med Meland (2000) sine undersøkelser som tilsier at prosjekteringsfeil og unnlaterer kan forårsake 35-55 % av prosjektenes byggeskader. Hensikten med Systematisk ferdigstilling er å utføre arbeide riktig første gang og i den forbindelse har prosjekteringsprosessen en viktig rolle. For å undersøke hvordan prosjekteringsprosessen kan bidra til at prosjekter lykkes med Systematisk ferdigstilling har siste forskningsspørsmål blitt utformet:

*Hvordan kan prosjekteringsprosessen ivareta Systematisk ferdigstilling?*

Ifølge Johansen og Hoel (2016) er tanken bak Systematisk ferdigstilling å bruke mer ressurser på prosjektering, for så å bruke mindre ressurser på avklaring som følge av unøyaktig grunnlag underveis i prosjektet. Med utgangspunkt i forskningsspørsmålet over vil dette underkapittelet diskutere hvilke aktiviteter og tiltak prosjekteringsgruppen bør prioritere å bruke sine ressurser

på. De ulike aktivitetene og tiltakene som er regnet som relevante for hvordan prosjekteringsprosessen i større grad kan ivareta Systematisk ferdigstilling er ordnet i syv forskjellige kategorier:

- Kravanalyser
- Bakoverplanlegging
- Bordtester
- Økt samhandling mellom prosjektering og produksjon
- Samtidig prosjektering
- Prosjektering i kontrollområder
- Oppfølging med prestasjonsmåling

På bakgrunn av litteratur og empirisk data har disse aktivitetene og tiltakene blitt sett på som de mest sentrale. I likhet med forrige underkapittel kunne det vært interessant å diskutere flere aktiviteter eller tiltak, men som forklart i kapittel 1.3 har det vært nødvendig å avgrense oppgaven.

### **Kravanalyse**

Ifølge Grimsmo (2008) er manglende rutiner for å holde oversikt over gjeldende prosjekteringsunderlag en utfordring i prosjekteringsprosessen. Dette, kombinert med den overveldende informasjonsmengden i prosjekter, kan bidra til flere prosjekteringsunntatelser. For å sikre at byggherre- og brukerkrav blir ivaretatt i prosjekteringen kan kravanalyser gjennomføres.

I NHH-prosjektet ble kravanalyser trukket frem som en viktig aktivitet for å skape forståelse for prosjektets omfang og hva byggherres forventning til arbeidet er. I prosjektet ble kravanalyse møter delt opp fagvis og gjennomført ukentlig. Under disse møtene var det fokus på hvilke krav som var ivaretatt eller ikke, og hvilke tiltak som måtte gjøres hvis det var avvik fra kontrakt. En kravanalyse bør være et levende dokument og verktøy for prosjekterende i hele prosjektløpet. I NHH-prosjektet ble det uttrykt at kravanalyser burde gjennomføres tidlig i prosjekteringsprosessen, slik at alle prosjekterende får bedre oversikt over hva som skal utarbeides i detaljprosjekteringen. Kravanalysen vil på denne måten fungere som en sjekklister for prosjekterende.

I NHH-prosjektet var kravanalysen et dokument som de prosjekterende skulle fylle inn for å bekrefte om de ivaretok kravene eller ikke. Ansvaret for å utarbeide dokumentet var tillagt prosjekteringsleder, men vedkommende uttrykte at prosjekterende burde i større grad ha bidratt

til dette. Med tanke på Systematisk ferdigstilling kan det være en fordel at prosjekterende bidrar i utarbeidelse av kravanalysen. Denne prosessen vil kunne føre til at de prosjekterende i enda større grad forstår omfanget av hva de skal detaljprosjektere enn om de kun skal fylle inn i et allerede utarbeidet dokument. Dette vil kunne gi bedre forutsetninger for at prosjekteringsleveransene ferdigstilles med riktig kvalitet. I tillegg kan det tenkes at eierskapet til kravanalysen øker hvis de prosjekterende selv bidrar til å utarbeide dokumentet. Vanligvis settes kravanalysen på agendaen av prosjekteringsleder, men med dette vil kravanalysen kanskje kunne brukes mer uoppfordret av prosjekterende.

### **Samtidig prosjektering**

I prosjekteringsprosessen medfører Systematisk ferdigstilling et behov for andre arbeidsformer enn de tradisjonelle og veilederen (Johansen og Hoel, 2016) anbefaler at det tas i bruk Samtidig prosjektering. Denne anbefalingen samsvarer med den empiriske dataen. Flere informanter fra dybdeintervjuene mente at aktiviteter som arbeidssesjoner bør gjennomføres og i NHH-prosjektet ble det løftet frem at fokus på involvering er et viktig tiltak for å sikre riktig kvalitet i prosjekteringsleveransene.

I kapittel 3.5.4 ble manglende fokus på faglige grensesnitt beskrevet som en utfordring i prosjekteringsprosessen. Videre ble det vist til at flere små, og noen til dels store prosjekteringsfeil, er et resultat av akkurat dette (Grimsmo, 2008). I motsetning til tradisjonell prosjektering hvor fagdisiplinene utvikler løsninger individuelt, kan det tenkes at anbefalingen om Samtidig prosjektering og samlokaliserte arbeidssesjoner vil bidra til å øke fokuset på faglige grensesnitt. De tekniske systemene i dagens bygg blir stadig mer komplekse og avhengig av hverandre, og med bakgrunn i dette vil det kunne være mer hensiktsmessig at disse systemene utarbeides av mindre tverrfaglige grupper i prosjekteringsprosessen. I tillegg kan det føre til færre endringer i prosjektert materiale underveis i prosjektet, ettersom misforståelser og problemstillinger på tvers av fag vil bli avdekket i arbeidssesjonen. Hvis et prosjekt velger å følge anbefaling om å gjennomføre arbeidssesjonen vil det i tillegg være hensiktsmessig at prosjekteringsleder delegerer ansvar for de ulike arbeidssesjonene til deltakere i prosjekteringsgruppen. En viktig gevinst prosjektet høster av dette er eierskap til leveransene og deres tidsfrist. Den ansvarlige for arbeidssesjonen vil på dette vis sikre samordning av sitt tverrfaglige tema, og det kan tenkes at vedkommende vil sørge for at nødvendig informasjon innhentes. Alternativet kunne vært at vedkommende blir mer passiv og heller venter på informasjon slik «over the wall»-tilnærmingen illustrerer.

Et annet aspekt ved Samtidig prosjektering er at relevante aktører vil bli involvert i prosjekteringsarbeidet fra begynnelsen (Westergaard, Arge og Moe, 2010). Først og fremst vil Samtidig prosjektering bidra til økt involvering mot byggherre og eventuelt bruker, ettersom disse aktørene er med på viktige beslutninger i arbeidssesjonene. I den forbindelse er det i tillegg viktig at byggherre legger til rette for at beslutninger kan tas under slike møter, og engasjerer de relevante aktørene til riktig tid. Tidlig involvering vil føre til at avklaringer kan gjøres raskere og beslutninger treffes fortløpende. På denne måten vil prosjektet sikre en mer effektiv prosjekteringsprosess.

I NHH-prosjektet var prosjektledelsen oppmerksom på å involvere relevante aktører i prosjekteringsprosessen, og da spesielt brukere. Brukerne deltok aktivt på prosjekteringsmøter og fikk dermed mulighet for å komme med innspill, samt mer innsikt i prosjektet. En gevinst prosjektet høstet av dette var fornøyde brukerne. Et forbedringspunkt fra NHH-prosjektet er derimot å tidligere involvere de personene som har god forståelse for Systematisk ferdigstillelse og tekniske systemer i prosjekteringsprosessen. I NHH-prosjektet burde eksempelvis en ansvarlig for Systematisk ferdigstillelse hatt en nærmere arbeidsrelasjon til prosjekteringsgruppen. Sannsynligvis ville denne rollen bidratt til at prosjekteringsgruppen ble mer oppmerksom på arbeidet knyttet til Systematisk ferdigstillelse, og forhåpentligvis ville antall forsinkede funksjonsbeskrivelser blitt redusert.

Avslutningsvis uttrykte en informant fra NHH-prosjektet at prosjekter ofte glemmer å involvere de som har god innsikt i det tekniske. Fra et tradisjonelt prosjekteringsperspektiv er ikke dette nødvendigvis så påfallende, ettersom tekniske fagrådgivere vanligvis blir involvert lenge etter arkitekt og byggetekniske rådgivere i en slik prosjekteringsprosess. Dette kan være årsaken til at prosjekter ikke er oppmerksom på at tekniske rådgivere bør involveres tidlig. Med dagens mer komplekse byggeprosjekter er det likevel viktig at de tekniske fagene prioriteres og involveres i større grad. Tidlig involvering av tekniske rådgivere vil være spesielt viktig hvis prosjektet ønsker å ta i bruk trinnvis testing eller taktplanlegging. Bakgrunnen for dette er at tidlig planlegging ut ifra den tekniske infrastrukturen kan være avgjørende for hvor godt prosjekter lykkes med både trinnvis testing og taktplanlegging

## **Bakoverplanlegging**

Et utsagn som ble gjentatt flere ganger i både dybde- og caseintervjuene var:

*«Systematisk ferdigstillelser starter ved at man begynner med å tenke på slutten.»*

En aktivitet i prosjekteringsprosessen som kan bidra til å rette blikket mot slutten og det endelige resultat er bakoverplanlegging. Bakoverplanlegging ble beskrevet i Kapittel 3.2.1, men oppsummert er det en aktiv spørreteknikk som bidrar til å avdekke hva som må gjøres rett før siste planlagte aktivitet (Kristensen, 2016).

I NHH-prosjektet ble bakoverplanlegging gjennomført i oppstarten av detaljprosjektering. Det ble satt av en hel dag hvor alle fagdisipliner i prosjektet presenterte sine prosjekteringsleveranser for hverandre. Lapper med aktiviteter til hver enkelt prosjekterende ble presentert på en tidslinje og på dette vis skapte denne teknikken et førsteutkast til prosjekteringsplanen. Målet med bakoverplanlegging var å få de prosjekterende til å være tydelig med hverandre på hva de trengte av hvem og når. Tanken bak var at økt koordinering mellom fagene videre ville bidra til færre forsinkelser av prosjekteringsleveranser.

NHH-prosjektet opplevde likevel forsinkelser av funksjonsbeskrivelser og andre prosjekteringsleveranser, til tross for at bakoverplanlegging ble utført. Det kan likevel tenkes at bakoverplanlegging, kombinert med flere av de tiltakene som er diskutert i forrige underkapittel, kan bidra til å redusere antall forsinkelser. Bakoverplanlegging kan gjøre prosjekterende oppmerksom på om de har god eller dårlig tid til å utarbeide en leveranse. I tillegg kan bakoverplanlegging gi en forståelse av rekkefølgen for hvordan bygget skal bygges «bakfra». Denne forståelsen vil være viktig for at prosjekterende er i stand til å gjennomføre prosjekteringsprosessen i riktig rekkefølge. Sammenlagt vil dette sørge for at prosjekterende i større grad klarer å avdekke hvilke leveranser eller aktiviteter som må prioriteres høyest for å sikre fremdrift i prosjektet.

En fordel ved å definere resultatet tidlig gjennom bakoverplanlegging er at det blir enklere å konkretisere det som kreves av planlegging, bygging og prosjektering på et tidlig tidspunkt. Når de prosjekterende får en oversikt over hvem som skal gjøre hva, og til hvilken tid, vil det være lettere å planlegge nødvendig møtevirksomhet. For eksempel kan temaer for arbeidssesjoner avklares. En annen fordel ved at prosjekterende er involvert i denne prosessen er at det vil gi økt eierskap til prosjekteringsplanen, ettersom det er de som konkretiserer og

setter tidsfrister for eget arbeid. Sannsynligvis vil derfor en slik involverende aktivitet som bakoverplanlegging bidra til at antall prosjekteringsforsinkelser reduseres.

### **Prosjektering i kontrollområder**

BIM har blitt et mer og mer vanlig verktøy i byggebransjen og det er flere fordeler ved det (Tekna, 2021). Verktøyet tilrettelegger for god kommunikasjon mellom aktørene, og de vil få bedre forståelse for arbeidet som skal utføres og eventuelle utfordringer (Krygiel og Nies, 2008). For å høste flere fordeler med BIM kan prosjektering i kontrollområder benyttes i BIM-modellen.

Taktplanlegging er en planleggingsteknikk som i utgangspunktet er tilpasset produksjonsfasen, men som kan ifølge Kristensen (2016) og NHH-prosjektet overføres til prosjekteringsprosessen. I Kapittel 3.2.1 ble taktplanlegging beskrevet, men kort oppsummert innebærer det å planlegge arbeidsoperasjoner innenfor kontrollområder. I prosjekteringsprosessen vil inndeling i kontrollområder gi prosjektet en oversikt over hvordan ulike tekniske systemer forsyner de gitte områdene. Hvis taktplanlegging benyttes i produksjonsfasen vil det være en fordel å prosjektere i de samme kontrollområdene som produksjonsfasen er delt inn i. Fordelen det gir er at hele arbeidsgrunnlaget for kontrollområdet er ferdigstilt og tverrfaglig koordinert i god tid før oppstart produksjon i det gitte området.

Ifølge en informant fra dybdeintervjuene er inndeling av kontrollområder oppskriften til Systematisk ferdigstillelse. Kontrollområder vil bidra til å etablere en systematikk for hvor prosjekteringsarbeidet skal begynne. Når arbeidet skal verifiseres vil det i tillegg være mer oversiktlig å gjøre dette innenfor mindre områder enn prosjektet som helhet. I NHH-prosjektet ble prosjektering i kontrollområder benyttet og enkelte prosjekterende opplevde denne arbeidsformen som uvant. Til tider kunne det være utfordrende, ettersom det var ulike meninger på hva som var hensiktsmessig inndeling. Samtidig mente flere involverte at kontrollområdene bidro til en bedre struktur i prosjekteringsprosessen. Alle fagdisiplinene var dedikert til et felles område, og mot slutten av takten gjennomførte de BIM-møter som fokuserte på å løse utfordringer og verifisere løsninger i gitte kontrollområde. Det kan derfor tenkes at prosjektering i kontrollområder vil bidra til hurtige avklaringer som videre vil gjøre prosjekteringsprosessen mer effektiv. I tillegg kan det hende at inndeling i kontrollområder vil føre til at de prosjekterende må tenke mer på fellesskapet, og ikke hvordan de kan suboptimalisere for seg selv. Denne antagelsen tar utgangspunkt i at prosjektet ikke beveger seg over til neste kontrollområde før det forrige er verifisert, og derfor vil det mest sannsynlig

være mindre akseptabelt å delta i for eksempel et BIM-møte som i NHH-prosjektet uten å ha ferdigstilt egen leveranse. En annen fordel ved å prosjektere i kontrollområder er at det kan bidra til å unngå at prosjekteringsfeil blir gjennomført i hele BIM-modellen, som videre vil kreve at underlag må prosjekteres om igjen. Inndeling i kontrollområder vil gi hyppige kollisjonskontroller i BIM-modellen, noe som vil sikre riktig produksjonsunderlag og medføre færre feil på byggeplassen. Dette vil gi en fremdriftsmessig og kvalitativ gevinst til prosjektet.

Avslutningsvis ble det poengtert i flere dybdeintervjuer at inndeling av kontrollområder må gjøres ut ifra den tekniske infrastrukturen. En av hensikten med å dele inn i kontrollområder er å gjennomføre testing innenfor hvert område i utførelsesfasen. Den tekniske infrastrukturen må derfor i tidligfase vurderes, slik at testing av alle systemer alene og sammen er gjennomførbart. Dette betyr, som poengtert tidligere i kapittelet, at tekniske fag må involveres tidlig i prosjektet.

### **Bordtester**

Når prosjekter tar i bruk Systematisk ferdigstillelse skal de tilrettelegge for at trinnvis testing er gjennomførbart. Trinnvis testing er illustrert med V-modellen i Figur 6 og kort oppsummert er det en iterativ prosess som skal bidra til at feil og mangler unngås i prosjekter (Johansen og Hoel, 2016). Et element i trinnvis testing er gjennomføring av bordtester i prosjekteringsprosessen, og både teori og empirisk data viser til at dette er en svært nyttig aktivitet. Trinnvis testing består i tillegg av andre aktiviteter i utførelsesfasen, men ettersom masteroppgaven i mindre grad fokuserer på denne fasen vil ikke disse aktivitetene bli diskutert videre.

En bordtest er en teoretisk test hvor funksjon og testprosedyrer til byggets tekniske systemer skal diskuteres og kvalitetssikres av rådgivende ingeniører, entreprenører, leverandører og eventuelt byggherre og representanter fra driftsorganisasjonen. I NHH-prosjektet gjennomførte de bordtester og verdien av dette var at det under testene ble det avdekket uavklarte spørsmål, som ville blitt utfordrende og kostbare å håndtere under bygging eller testing. Bordtestene bidro videre til enighet om hvordan testingen av systemene skulle foregå i testperioden og driftsorganisasjonen opplevde å bli bedre kjent med systemene de skulle overta ansvaret for etter prosjektets ferdigstillelse. Under bordtestene ble testprosedyrene kvalitetsikret, og med det unngikk de misforståelser knyttet til systemenes funksjon og hvordan de skulle testes senere i slutfasen. Informanter fra dybdeintervjuene var enig i at dette er en av flere fordeler ved å gjennomføre bordtester.

En annen fordel ved bordtester er at entreprenøren unngår å anskaffe store mengder komponenter som ikke vil fungere sammen med resten av det tekniske anlegget. I forbindelse med dette er det viktig at bordtestene da er utført før innkjøpene gjennomføres. Å foreslå et tidspunkt for når en bordtest bør utføres vil være vanskelig, ettersom det avhenger av prosjekt og entreprisform. Det viktigste er likevel at bordtestene blir ansett som en avslutning på et systems prosjektering, og at de gjennomføres i god tid før teknikken installeres i bygget. På denne måten vil entreprenører unngå unødvendige innkjøp. I tillegg kan bordtestene bidra til å kontrollere at prosjekteringsleveransene er ferdigstilt og til riktig kvalitet.

Den empiriske dataen viser til at bordtester i tillegg kan være en arena for å samle prosjekterende, utførende og driftende aktører. I Kapittel 3.5.4 ble fasevise grensesnitt beskrevet som en utfordring i prosjekteringsprosessen, og da spesielt mellom prosjektering og produksjon (Sacks og Tribelsky, 2010). Det kan derfor tenkes at bordtester vil bidra til å redusere utfordringene knyttet til fasevis grensesnitt. Gjennom bordtestene kan rådgivere kommunisere hva som er planlagt for de som skal utføre arbeidet på byggeplass og «forståelsesbarrieren» som det refereres til i kapittel 3.5.3, vil mest sannsynlig reduseres eller unngås.

Avslutningsvis er prosjektet avhengig av at dokumenter som funksjonsbeskrivelser og systemskjema er ferdigstilt før bordtesten kan gjennomføres. I lys av at forsinkelser knyttet til disse dokumentene er en utfordring i prosjekter vil det være hensiktsmessig å gi noen roller ansvaret for bordtestene. Dette vil kunne bidra til at de som har ansvar for testen vil i likhet med den ansvarlige for Systematisk ferdigstillelse fokusere på å få underlaget levert til riktig tid.

### **Oppfølging med prestasjonsmåling**

En utfordring som ble diskutert i første underkapittel var forsinkelser knyttet til blant annet funksjonsbeskrivelser. En konsekvens av at funksjonsbeskrivelser ikke blir ferdigstilt tidnok er at planlagte bordtester ikke kan gjennomføres, og at prosjektet dermed blir forhindret fra å kvalitetssikre arbeidet tidlig. I casestudiet og flere av dybdeintervjuene var forsinkelser knyttet til funksjonsbeskrivelsene et sentralt tema. Generelt i prosjekter kan forsinkelser i andre prosjekteringsleveranser også oppstå, men for å avgrense og konkretisere diskusjonen vil kun forslag for å unngå forsinkelser i funksjonsbeskrivelser bli belyst. Diskusjonen kan derimot være relevant for andre prosjekteringsleveranser.

En fordel ved funksjonsbeskrivelser som utarbeides før detaljprosjekteringen er at de bidrar til å avdekke misforståelser. Som nevnt tidligere kan kontraktsdokumenter tolkes og det vil være



hensiktsmessig at byggherre og entreprenør tidlig kan lese igjennom funksjonsbeskrivelsene for å unngå feiltolkning. Funksjonsbeskrivelser er en sentral del av testprosedyrene, som videre brukes for å planlegge testperioden. Hvis disse dokumentene er etablert tidlig, vil prosjekter sikre at de setter av tilstrekkelig tid til testing, og får denne testperioden inn i hovedfremdriftsplanen. Videre vil funksjonsbeskrivelser fungere som en sjekklister for de prosjekterende. Det vil si at prosjekterende kan gå inn i funksjonsbeskrivelsen underveis for å kontrollere at prosjekterte løsninger samsvarer med ønsket funksjon. På bakgrunn av dette vil det være positivt for prosjektet som helhet å følge opp at funksjonsbeskrivelser blir ferdigstilt til riktig tid.

I NHH-prosjektet ble KPI'er utarbeidet og et prestasjonsmålingssystem brukt for å følge opp arbeidet med Systematisk ferdigstilling i testperioden. Flere informanter uttrykte at dette ga prosjektet en bedre oversikt over fremdriften i testperioden, men at det med fordel også burde blitt benyttet i prosjekteringsprosessen. Kristensen (2012) har i sin doktoravhandling forsket på bruk av prestasjonsmåling og KPI'er for å kontrollere og styre prosjekteringsprosessen. Forskningen viste at prestasjonsmåling i prosjekteringsprosessen vil øke prosjekteringsleders mulighet til å kontrollere leveransenes punktlighet. Johansen og Hoel (2016) forteller at prestasjonsmåling og KPI'er med fordel kan knyttes opp mot Systematisk ferdigstilling og at det kan være et verktøy for å kontrollere at prosjekteringsleveransene er i henhold til plan. Basert på erfaringen fra NHH-prosjektet og annen forskning (Kristensen, 2012; Johansen og Hoel, 2016), kan det være hensiktsmessig at prosjekter etablerer et system som bruker og måler KPI'er på punktlighet. Antageligvis vil en slik oppfølgingsrutine bidra til at prosjekter unngår store forsinkelser.

Ifølge den empiriske dataen etablerer ofte prosjekter KPI'er på større leveranser, men at prosessen frem til ferdig leveranse blir i mindre grad målt. Videre ble det uttrykt i flere dybdeintervjuer at en umoden funksjonsbeskrivelse er bedre enn ingen i det hele tatt. Med bakgrunn i dette kan det være interessant å se på om prosessen bak utarbeidelse av funksjonsbeskrivelser kan hente inspirasjon fra MMI som brukes i BIM-modell. For å illustrere kan Bergen Kommune (Bergen Kommune, u.å.) sin anbefaling om hva funksjonsbeskrivelser bør inneholde benyttes. Bergen Kommune viser til at en funksjonsbeskrivelse bør inneholde:

- Beskrivelse av systemets funksjon i driftsfasen med angivelse av hvilke områder/arealer det betjener
- Beskrivelse av systemets oppbygging og tilknytning til andre systemer

- Beskrivelse av funksjon ved kritiske hendelser som strømbrudd, brann og sabotasje
- Beregningsforutsetninger, krav til materialkvaliteter etc.
- Kapasitetsutnyttelse og eventuell restkapasitet
- Mulige på- og utbyggingsmuligheter i systemet

Med utgangspunkt i disse kravene og inspirasjon fra MMI kan funksjonsbeskrivelser deles inn i ulike modenhetsnivåer eller ferdiggrader. Tabell 5 viser hvordan dette kan gjøres med listen til Bergen kommune.

Tabell 5: Funksjonsbeskrivelse inndelt i ferdiggrader

Nivå på leveranse	Ferdiggrad
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beskrivelse av systemets funksjon i driftsfasen med angivelse av hvilke områder/arealer det betjener</li> <li>• Beskrivelse av systemets oppbygging og tilknytning til andre systemer</li> </ul>	A
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beskrivelse av funksjon ved kritiske hendelser som strømbrudd, brann og sabotasje</li> <li>• Beregningsforutsetninger, krav til materialkvaliteter etc.</li> </ul>	B
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapasitetsutnyttelse og eventuell restkapasitet</li> <li>• Mulige på- og utbyggingsmuligheter i systemet</li> </ul>	C

Det er av forfatters oppfatning at innholdet i en funksjonsbeskrivelse kan variere ut ifra prosjekt og hva byggherre anser som viktig å inkludere i den. Det må derfor poengteres at funksjonsbeskrivelsen til Bergen Kommune kun er brukt for å illustrere et eksempel på hvordan ferdiggrader kan benyttes i utarbeidelsen av funksjonsbeskrivelser.

En overordnet illustrasjon av hvordan ulike ferdiggrader kan brukes i et prestasjonsmålingssystem er vist i Figur 11 og i Vedlegg 3. Systemet er utarbeidet av forfatter med inspirasjon fra Lean Construction sin PPU. I tillegg er det basert på et lignende system en av informantene i dybdeintervjuene utviklet for å unngå forsinkelser på tegningsleveranser. Systemet ble presentert for forfatter under intervjuet.

Funksjonsbeskrivelser																
Leveranseplan																
Prosjekt Nr.      Prosjekt Navn																
Revisjon 1      Dato: xx.xx.xxxx																
Revisjon 2      Dato: xx.xx.xxxx																
Revisjon 3      Dato: xx.xx.xxxx																
Revisjon n      Dato: xx.xx.xxxx																
			<b>Nivå på leveranse</b>						<b>Ferdiggrad</b>							
			Beskrivelse av systemets funksjon i driftsfasen med angivelse av hvilke områder/arealer det betjener						A							
			Beskrivelse av systemets oppbygging og tilknytning til andre systemer													
			Beskrivelse av funksjon ved kritiske hendelser som strømbrudd, brann og sabotasje						B							
			Beregningsforutsetninger, krav til materialkvaliteter etc													
			Kapasitetsutnyttelse og eventuell restkapasitet						C							
			Mulige på- og utbyggingsmuligheter i systemet													
Nr.	Fag	Leveransenavn	Planlagt dato leveranse ferdiggrad A	Utført i tide?		Planlagt dato leveranse ferdiggrad B	Utført i tide?		Planlagt dato leveranse ferdiggrad C	Utført i tide?		Planlagt dato leveranse ferdigstilt	Utført i tide?		BORDTEST	
				Ja	Nei		Ja	Nei		Ja	Nei		Ja	Nei		
	RIV	Ventilasjon	05.05.2021	x		14.05.2021	x		01.06.2021		x	10.06.2021	x			
	XX	System 1	05.05.2021	x		14.05.2021		x	01.06.2021		x	10.06.2021	x			
	XX	System 1	05.05.2021	x		14.05.2021	x		01.06.2021		x	10.06.2021	x			
	XX	System 1	05.05.2021	x		14.05.2021	x		01.06.2021		x	10.06.2021	x			
	XX	System 1	05.05.2021		x	14.05.2021		x	01.06.2021	x		10.06.2021	x			
	XX	System 1	05.05.2021		x	14.05.2021		x	01.06.2021	x		10.06.2021	x			
				4	2		3	3		2	4		6	0		
				66,67%			50,00%			33,33%			100,00%			

Figur 11: Prestasjonsmålingssystem knyttet til funksjonsbeskrivelser

Figur 11 viser kun en overordnet skisse av hvordan prestasjonsmålingssystemet kan se ut og hvordan resultatene kan presenteres. Det kan med fordel inkluderes KPI'er som tar utgangspunkt i om kvaliteten på leveransene er godkjent, men Figur 11 har ikke tatt høyde for dette. Prosjekter kan i tillegg vurdere å sette frister for når avklaringer med for eksempel andre rådgivere, driftsorganisasjonen eller byggherre skal gjennomføres. Dette vil bidra til enda flere målepunkter, men samtidig kan det oppleves som mer detaljstyring for de prosjekterende.

Som Figur 11 illustrerer vil et slikt system gi en prosentvis estimering på hvor godt de prosjekterende presterer på punktlighet. Som i PPU kan dette gi prosjekteringsleder en indikasjon på hvor realistisk planene er, og et utgangspunkt for å analysere årsaker til hvorfor arbeidsoppgaver ikke blir gjennomført i henhold til plan. Dette kan i tillegg være nyttig for andre i prosjektledelsen, og er en viktig erfaring å ta med seg videre i nye prosjekter. Generelt kan fortløpende fremdriftsmåling bidra til mer oversikt og det vil være lettere å adressere de funksjonsbeskrivelsene som risikerer å bli forsinket. Dette vil føre til at prosjekteringsleder, eller den ansvarlige for Systematisk ferdigstillelse, kan iverksette proaktive tiltak.

Avslutningsvis kan det tenkes et slikt prestasjonsmålingssystem vil bidra til kontinuerlig forbedring. Måling av prosessen med utarbeidelse av funksjonsbeskrivelser vil kunne gi de prosjekterende innsikt i egne aktiviteter og presentasjoner. Bruk av KPI'er på punktlighet og muligens kvalitet kan videre medføre en økt bevissthet for mulighetene rundt forbedring av eget arbeid i prosjektet. Et prestasjonsmålingssystem kan i tillegg ha et sosialt aspekt ved seg. Ofte kan de menneskene som er tilknyttet målingen, og som sammenlignes med andre i systemet, forsøke å gjøre sitt beste for å fremstå så pålitelig som mulig.

## **Økt samhandling mellom prosjektering og produksjon**

Som nevnt over kan bordtester være en arena for å samle prosjekterende og utførende aktører. Det kan likevel være en fordel hvis prosjekter etablerer flere arenaer for å øke samspillet og kommunikasjonen mellom prosjektering og produksjon. Bakgrunnen for dette er at prosjekterende ofte har en akademisk utdanning og arbeider med produksjonsunderlaget over en periode. Utførende derimot har ofte praktisk utdanning, og begrenset kjennskap til produksjonsunderlaget utover når det blir benyttet i produksjonen. Dette kan føre til at prosjekterende og utførende har forskjellig grunnlag for å forstå produksjonsunderlaget. Det er hensiktsmessig at produksjonsunderlaget er et felles språk mellom prosjekterende og utførende, og for å etablere dette foreslår Grimsmo (2008) at det legges til rette for en felles gjennomgang av produksjonsunderlaget. Flere slike gjennomganger vil bidra til at prosjekterende kan kommunisere hva som er planlagt, og utførende kan komme med sine tilpasninger. I tillegg vil flere arenaer for samhandling skape relasjoner og sosial kontakt mellom de prosjekterende og utførende. Dette vil sannsynligvis føre til at det er færre barrierer for å ta kontakt med de prosjekterende hvis de utførende opplever utfordringer med prosjekteringsleveransen i byggefasen.

En utfordring som ble uttrykt i dybdeintervjuene var at de prosjekterende ikke har forståelse for utfordringer i igangkjøringsfasen. For eksempel kan utførende oppleve at det som er prosjektert ikke fungerer slik det er planlagt, og endringstiltak må iverksettes. Ofte har de prosjekterende ferdigstilt sitt arbeid og er engasjert i et annet prosjekt når slike utfordringer oppstår, noe som forhindrer de prosjekterende å lære av sine feil. Et tiltak som kan gjøres er å engasjere de prosjekterende også i slutfasen, slik at de får kunnskap om hvilke utfordringer som kan oppstå i den avsluttende fasen. Dette vil være en investering for framtidige prosjekter, og bidra til at prosjekter i større grad lykkes med Systematisk ferdigstilling.

## 7 Avslutning

Dette kapitlet presenterer en avslutning av denne masteroppgaven i form av en kortfattet konklusjon på forskningsspørsmålene, og dermed også formålet med oppgaven. Til slutt redegjøres det for bemerkninger knyttet til oppgaven og ulike momenter som kan være spennende i videre arbeid.

### 7.1 Konklusjon

Masteroppgaven startet innledningsvis med følgende utsagn:

*«Lærer ikke byggenæringen av egne feil?»*

Statistikk viser at til tross for den teknologiske utviklingen har ikke dagens nybygg færre feil enn før, og en unødvendig stor del av investeringskostnadene går til å rette opp i disse. Litteratur, teori og annen forskning støtter dette, og det vil derfor være hensiktsmessig å utforske nye metoder for å løse disse utfordringene.

Av denne grunn har metodikken Systematisk ferdigstillelse blitt introdusert for bransjen. Tanken bak metodikken er å investere mer ressurser på planlegging og prosjektering, og dermed mindre ressurser på avklaring underveis i prosjekter. Selv om navnet kan gi et inntrykk av at Systematisk ferdigstillelse kun er aktuelt i den avsluttende fasen, handler det mer om hvordan tilrettelegging gjennom hele prosjektforløpet kan bidra til færre feil og mangler. Formålet med masteroppgaven var å undersøke hvordan byggherre og prosjekteringsprosessen kan bidra til nettopp denne tilretteleggingen, og med det sikre at byggeprosjekter lykkes i større grad med Systematisk ferdigstillelse.

Ved å kartlegge mulige utfordringer knyttet til Systematisk ferdigstillelse vil det være langt lettere for prosjekter å tilrettelegge på en hensiktsmessig måte. Dette var utgangspunktet for hvorfor første forskningsspørsmål ble stilt. En sentral utfordring som ble avdekket i oppgavens empiriske data er motstand til endring, og da spesielt i prosjekteringsprosessen. Masteroppgavens resultater viser til at prosjekterende ofte kan foretrekke en “over the wall”-tilnærming, noe som vil gjøre arbeidet med Systematisk ferdigstillelse utfordrende. Annen

forskning tyder på at dette er et gjentakende problem prosjekter møter når nye metodikker introduseres i en relativt konservativ byggebransje. En annen sentral utfordring knyttet til Systematisk ferdigstillelse er forsinkelse av prosjekteringsleveranser. I den empiriske data forekommer spesielt manglende planpålitelighet på funksjonsbeskrivelser opptil flere ganger. Denne utfordringen underbygges av forskning basert på prosjekteringsleveranser generelt. En siste utfordring oppgavens empiri belyser er at Systematisk ferdigstillelse ikke får tilstrekkelig fokus eller oppfølging i tidligfase og underveis i prosjekter. Når Systematisk ferdigstillelse ikke kommer høyt nok på agendaen av prosjektledelsen, vil det videre kunne føre til andre utfordring som 1) at de involverte ikke har kunnskap om arbeidet som forventes av dem, eller 2) at roller som er nødvendig for å ivareta Systematisk ferdigstillelse ikke blir engasjert tidlig nok. Disse funnene blir ikke avdekket like spesifikt i teorien, men annen forskning tyder på at manglende ledelse er en utfordring når nye og uvante metodikker introduseres i prosjekter.

Et av utgangspunktene for hvorfor masteroppgavens andre forskningsspørsmål ble stilt var et utsagn fra Anita Topdal på Solstrandkonferansen i 2016 (Bygg.no, 2018):

*«Det er viktig at byggherrene tar ansvar for Systematisk ferdigstillelse og legger til rette for dette.»*

Systematisk ferdigstillelse defineres som en ledelsesstyrt prosess fra planlegging til overtakelse, og både teori og empiri viser til at Topdals utsagn stemmer. Hensikten med tilrettelegging er å legge til rette for at aktørene klarer å ivareta deres ansvar i arbeidet med Systematisk ferdigstillelse. Masteroppgaven har foreslått og diskutert seks ulike tiltak for hvordan byggherre kan tilrettelegge for at Systematisk ferdigstillelse blir en gjennomgående prosess i hele prosjektforløpet. Først og fremst må byggherre involvere roller og ressurser til riktig tidspunkt, samt sette av tilstrekkelig tid til planlegging og prosjektering. Disse tiltakene kommer tydelig frem i empirien og underbygges av tidligere forskning. Samlokalisering og kompetanseheving er også tiltak som løftes frem som nyttige for å lykkes med Systematisk ferdigstillelse. Det vil spesielt være viktig at byggherre formidler tidlig hva hensikten med Systematisk ferdigstillelse er, og hvordan, hvem og når ulike elementer i metodikken skal utføres. Dette er fordi Systematisk ferdigstillelse fortsatt kan oppleves som nytt og uvant for flere aktører.

Et funn som ikke blir berørt like mye i teorien som er tilegnet, er verdien av å inkludere Systematisk ferdigstillelse i byggherres kontraktsgrunnlag. Kontraktsfesting av Systematisk ferdigstillelse vil sikre en tydelig forventning fra byggherre om at metodikken skal ivaretas av

den andre kontraktsparten. I tillegg til å inkludere Systematisk ferdigstillelse generelt i kontraktsgrunnlaget, bør byggherre stille krav om at det utarbeides en plan som beskriver hvordan aktøren skal ivareta Systematisk ferdigstillelse. Byggherre vil med dette kunne avdekke om aktøren har tilstrekkelig forståelse for Systematisk ferdigstillelse, og om det er nødvendig å heve kompetansenivået. Et siste tiltak er jevnlig oppfølging og det anbefales at prestasjonsmålingssystemer med KPI'er kan benyttes. I den forbindelse er det viktig at byggherre i tidligfase uttrykker sin forventning om at KPI'ene knyttet til Systematisk ferdigstillelse kontinuerlig rapporteres. Tidligere forskning viser at dette tiltaket kan bidra til stadig forbedring i prosjekter, noe Systematisk ferdigstillelse ønsker å skape.

Som nevnt innledningsvis i konklusjonen er byggebransjen preget av at flere feil og mangler oppdages i prosjektets slutfase eller senere. Statistikk viser at 35-55 % av prosjektenes feil og mangler direkte kan tilbakeføres til prosjekteringsprosessen (Meland, 2000; Stenstad, Rolstad og Vordahl, 2005). Hensikten med Systematisk ferdigstillelse er å utføre arbeid riktig første gang, og i den forbindelse er det essensielt at Systematisk ferdigstillelse blir ivaretatt i prosjekteringen. Dette er bakgrunnen for at det siste forskningsspørsmålet er stilt. Masteroppgaven foreslår syv ulike aktiviteter og tiltak som kan bidra til at Systematisk ferdigstillelse blir ivaretatt i prosjekteringsprosessen.

For å unngå en «over the wall»-tilnærming til prosjekteringsarbeidet foreslås Samtidig prosjektering. Dette forutsetter at byggherre legger til rette for at beslutninger kan tas i samlokaliserte arbeidssesjoner. Videre blir bakoverplanlegging og bordtester fremhevet som verdiskapende aktiviteter flere ganger i empirien. Bordtester spesielt kan være en arena for å samle ulike aktører, og på den måten bidra til økt samhandling. I tillegg til bordtester, er det nødvendig med flere arenaer for sikre bedre kommunikasjonen og informasjonsflyt mellom faser. Spesielt bør grensesnitt mellom prosjektering og produksjon ivaretas. Andre verdifulle tiltak som fremheves i empirien er kravanalyser i tidligfase, og prosjektering i kontrollområder. I rehabiliteringen av NHH bidro kravanalyser til bedre oversikt over prosjektets omfang. Selv om tiltaket kun er basert på en casestudie kan det tenkes at kravanalyser kan bidra til å redusere prosjekteringsunntakelser. Empirien viser til at prosjektering i kontrollområder er oppskriften til Systematisk ferdigstillelse. Oppgaven vil ikke konkludere med dette, men empirien tilsier likevel at prosjektering i kontrollområder kan bidra til bedre struktur i prosjekteringsprosessen, samt prosjekteringsleveranser med riktig kvalitet. Dette vil videre kunne føre til færre feil på byggeplassen.

Med mål om å redusere mengden forsinkelser på funksjonsbeskrivelser i prosjekteringsprosessen, presentere masteroppgaven et siste tiltak som henter inspirasjon fra blant annet PPU og MMI. Tiltaket tar utgangspunkt i et overordnet prestasjonsmålingssystem med KPI'er på punktlighet. I tillegg vil funksjonsbeskrivelser bli delt inn i ulike ferdiggrader, slik at prosessen frem til ferdig leveranse i større grad kan måles. Oppgaven kan ikke konkludere med at dette vil løse forskinkelsesutfordringer knyttet til funksjonsbeskrivelser, men det anbefales likevel at et slik system videreutvikles og testes i prosjekter. Bakgrunnen for anbefalingen er at tidligere forskning viser at prestasjonsmåling generelt i prosjekteringsprosessen vil gi bedre kontroll på leveransenes punktlighet.

## **7.2 Bemerkninger**

Formålet med masteroppgaven var å undersøke hvordan byggherre og prosjekteringsprosessen kan tilrettelegge for at prosjekter i større grad lykkes med Systematisk ferdigstilling. Med utgangspunkt i forskningsmetoder som litteraturstudie, intervjuer, dokumentanalyse og casestudie har forfatter undersøkt ulike tiltak som bidra til nettopp dette. Evaluering av metoder og en samlet vurdering av forskningsdesignet er beskrevet i Kapittel 2, men oppsummert vurderes empirien til å ha god validitet og reliabilitet. Bakgrunnen for dette er at forskningsmetodene har bidratt til å måle det som er relevant for undersøkelsen. Flere funn har i tillegg blitt gjentatt opptil flere ganger i empirien, noe som viser til at resultatene er pålitelige.

Masteroppgaven har derimot et begrenset datagrunnlag og visse avgrensninger som bør sees i sammenheng med funnene. I forbindelse med dette er det relevant å stille spørsmål om undersøkelsens overførbarhet. Forfatter anser ikke oppgaven egnet for deskriptiv generalisering, og det kan derfor hende at flere av tiltakene som anbefales ikke kan gjøres gjeldende i alle prosjekter. Masteroppgaven belyser imidlertid viktige elementer i Systematisk ferdigstilling og dagens planleggings- og prosjekteringsprosesser. Forskningen innenfor masteroppgavens fagfelt er begrenset, og undersøkelsen kan derfor gi viktig læring til flere aktører i bransjen. Spesielt kan de delene av oppgaven som belyser utfordringer knyttet til Systematisk ferdigstilling være relevante for å gjøre prosjekter mer proaktive.

## **7.3 Videre arbeid**

Masteroppgaven ble begrenset til å undersøke Systematisk ferdigstilling i planleggings- og prosjekteringsprosessen. I videre arbeid vil det derfor være interessant å undersøke



utførelsesfasen, og hvilke utfordringer som kan oppstå der. Et funn i oppgaven som vekket spesielt interesse hos forfatter var bruk av prestasjonsmåling og ferdiggrader når funksjonsbeskrivelser skal utarbeides. I videre arbeid kan et slikt system utvikles ytterligere enn det denne oppgaven presenterer, samt teste det i flere prosjekter. Dette vil avhenge av mer omfattende forskning enn hva arbeidsmengden til denne oppgaven tillot. Tidligere forskning på Systematisk ferdigstilling belyser i liten grad hvilken entreprisemodell som er mest hensiktsmessig og masteroppgaven ble heller ikke begrenset til en spesifikk entreprisemodell. Det kan hende at Systematisk ferdigstilling ikke avhenger av entreprisemodell, men det kan likevel være interessant å undersøke om noen modeller medfører flere utfordringer enn andre.

Avslutningsvis mener forfatter at de positive effektene av å bruke Systematisk ferdigstilling må vises til, og for å få enda flere til å benytte seg av metodikken bør det gjøres flere studier som kartlegger fordelene.



## Referanseliste

- Ahiakwo, O., Oloke, D., Suresh, S. og Khatib, J. (2013) A Case Study of Last Planner System Implementation in Nigeria. *Proceedings of the 21st annual conference of the International Group for Lean Construction*. 2013 699–707.
- Alarcón, L.F., Diethelm, S. og Rojo, O. (2002) Collaborative implementation of lean planning systems in Chilean construction companies. *Proceedings of the 10th annual conference of the International Group for Lean Construction*. 2002 Brazil: , 1–11.
- Alarcón, L. F. & Serpell, A. (1996). Performance Measuring Benchmarking, and Modelling of Construction Projects. *Proceedings of the 4th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Birmingham, UK.
- Atkins Norge (u.å.). *Last ned veileder i Systematisk ferdigstillelse*. Tilgjengelig fra: <http://atkinsglobal.no/gjor-ting-riktig-forste-gang/> (Hentet: 10.februar 2021)
- Baechler, M., and Farley, J. (2011). *A Guide to Building Commissioning*. U.S. Department of Energy, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington.
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of production control*. University of Birmingham.
- Ballard, G., Kim, Y.W., Jang, J.W. og Liu, M. (2007) *Roadmap for lean implementation at the project level*. The Construction Industry Institute
- Ballard, G. & Tommelein, I. 2016). *Current process benchmark of the Last Planner System*. University of California, Berkley.
- Bergen Kommune (u.å.) *Veileder - Plan for systematisk ferdigstillelse*
- Beste, T. (2021) Effect of systematic completion on public construction projects, *Facilities* 39(¾) pp. 156-171. Doi: 10.1108/F-11-2019-0127
- Bhatt, G.D. (2001) Knowledge management in organizations: examining the interaction between technologies, techniques, and people. *Journal of knowledge management*, 5(1) 68–75.
- Brady, D.A., Tzortzopoulos, P. og Rooke, J. (2011) An examination of the barriers to last planner implementation. In: *19th Annual Conference for Lean Construction*, 13-15th July 2011, Lima, Peru

- Bygballe, L.E. og Swärd, A. (2014) *Implementing lean Construction: A Practice Perspective*. In: 23 June 2014 Oslo, Norway: Lean Construction Institute, 3–14.
- Byggherreforskriften (2009). *Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplasser (byggherreforskriften)* Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-08-03-1028> (Hentet: 1. mai 2021)
- Bygg.no (2016). *Solstrandkonferansen: Systematisk ferdigstillelse er løsningen*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1261443> (Hentet: 12. desember 2020)
- Bygg.no (2018). *Systematisk ferdigstillelse blir hovedtema på Solstrandkonferansen*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1339307> (Hentet: 12. desember 2020)
- Cano, S. *et al* (2015). Barriers and success factors in Lean Construction's implementation - Survey in pilot context. *Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction*. Perth, Australia, July 29-31, pp. 631-641.
- Chen, P.H. *et al* (2005). Implementation of IFC-based web server for collaborative building design between architects and structural engineers. *Automation in Construction*, 1(14), 115–128.
- Construction Industry Institute (u.å) *Lean Principles in Construction*. Tilgjengelig fra: <https://www.construction-institute.org/resources/knowledgebase/knowledge-areas/general-cii-information/topics/rt-191> (Hentet: 21. mai 2021)
- Dalland, O. (2017) *Metode og oppgaveskriving for studenter*. (6. utg) Oslo: Gyldendal akademisk
- De la Garza, J. M. *et al* (1994) Value of Concurrent Engineering for A/E/C Industry. *Journal of management in engineering* 10(3). s. 46-55
- Della Barba, M. P. (2005). The dollar value of commissioning. *Proceedings of the National Conference on Building Commissioning*, New York. Tilgjengelig fra: [http://www.commissioning.gr/newsite/images/19\\_DellaBarba\\_NCBC2005\\_1.pdf](http://www.commissioning.gr/newsite/images/19_DellaBarba_NCBC2005_1.pdf) (Hentet: 29. november 2020)
- Direktoratet for byggkvalitet (2018). *Byggesaksforskriften (SAK10) med veiledning*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/sak/1/1/1-2/> (Hentet: 29.mai 2021)
- Direktoratet for byggkvalitet (2021). *Prosjekteringsprosessen*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/Templates/DIBK/Pages/Veiledninger/Print/PrintChapter.aspx?chapterId=29198> (Hentet: 14.mai 2021)
- Dvir, D. (2005), Transferring projects to their final users: the effect of planning and preparations for commissioning on project success, *International Journal of Project Management*, 23(4), pp. 257-265.

- Eastman, C. *et al* (2011) *BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. 2.utg. USA: John Wiley & Sons
- El. Reifi, M. H., og Emmitt, S. (2013). Perceptions of lean design management. *Architectural Engineering and Design Management*, 9(3), 195-208. DOI: 10.1080/17452007.2013.802979
- Elvin, G. (2003) Proven practices in design-build and fast-track. *Architectural Engineering, Building Integration Solutions*, p.184-191.
- Evbuomwan, N. F. O. og Anumba, C. J. (1998). An integrated framework for concurrent life-cycle design and construction. *Advances in engineering software* 29(7), p.587-597  
DOI: 10.1016/S0965-9978(98)00024-6
- Fløisbonn, H. *et al* (2018). *MMI - Modellmodenhetsindeks*. Tilgjengelig fra: <https://www.rif.no/wp-content/uploads/2018/11/mmi-modell-modenhets-indeks.pdf> (Hentet: 1.mai 2021)
- Forbes, L. H. og Ahmed S. M. (2011) *Modern Construction - Lean Project Delivery and Integrated Practices*. USA: CRC Press
- Frank, M *et al*. (2007). *State-of-the-art review for commissioning low energy buildings: Existing cost/benefit and persistence methodologies and data, state of development of automated tools and assessment of needs for commissioning ZEB*. NISTIR #7356. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology (NIST).
- Garcia, G. (2017) *Measuring progress and defining productivity in model-based engineering*. Master thesis. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Ghauri, P., & Grønhaug, K. (2002). *Research methods in business studies - a practical guide* (2.utg): Harlow: Pearson Education Limited
- Grimsmo, E. (2008). *Hvordan unngå prosjekteringsfeil*. Trondheim: Byggekostnadsprogrammet
- Hagen, K. S.. (2017) *Lean Construction: Suksessfaktorer og barrierer ved implementering i norske byggebedrifter*. Masteroppgave. NTNU.
- Hamzeh, F.R. (2009) *Improving construction workflow-The role of production planning and control*. University of California, Berkeley.
- Haneborg, T. (2020). *3 tips for et vellykket ICE-møte*. Tilgjengelig fra: <https://www.prosjektbloggen.no/3-tips-for-et-vellykket-ice-mote> (Hentet: 9. mai 2021).
- Hent AS (2019). *Trimmet prosjektering*.

- Hooper, M. (2015). Automated model progression scheduling using level of development. *Construction Innovation*, 15(4), 428-448.
- Hermundsgård, M. (u.å.) *Samtidig prosjektering for byggeprosjekter - Veileder*. Tilgjengelig fra: [http://v1.prosjektnorge.no/files/pages/635/artikler/veiledere/a5\\_veileder-ice.pdf](http://v1.prosjektnorge.no/files/pages/635/artikler/veiledere/a5_veileder-ice.pdf) (Hentet: 1.mai 2021)
- Hestnes, A. G. og Andresen I. (u.å.) *Smart prosjektering. Sintef*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/globalassets/upload/smartbygg/smart-prosjektering.pdf> (Hentet: 8.mai 2021)
- Holm, H.T. (2017) *Systematisk ferdigstillelse: en oversikt*, KHIB info-hefte nr 2.
- Howell, G. (1999) *What is Lean Construction*. Proceedings IGLC-7, 7 1–10.
- Hoxley, M. *et al* (2011). A conceptual framework of the interface between the design and construction processes. *Engineering Construction and Architectural Management* 18(3). s. 297-311. DOI: 10.1108/09699981111126197
- Jacobsen, D. I. (2015). *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* (3.utg) Oslo: Cappelen Damm Akademisk
- Johansen, P.R. and Hoel, T.I. (2016), *Systematisk Ferdigstillelse – Veileder*, Tilgjengelig fra: <http://atkinsglobal.no/wp-content/uploads/2016/01/Systematisk-ferdigstillelse-veileder.pdf> (Hentet: 15. februar 2021).
- Jongeling, R. (2008). *BIM istället för 2D-CAD i byggprojekt - En jämförelse mellan dagens byggprocesser baserade*. Luleå Tekniska Universitet
- Kalsaas, B. T. (2017). *Lean Construction: Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*, Bergen: Fagbokforlaget.
- Khanzode, A. *et al*. (2006) *A guide to applying the principles of virtual design & construction (VDC) to the lean project delivery process*. CIFE, Stanford University, Palo Alto, CA.
- Knotten, V., Lædre, O. og Hansen, G.K., (2017). Building design management – key success factors. *Architectural Engineering and Design Management* 13 (6), 479–493. DOI: 10.1080/17452007.2017.1345718
- Koskela, L. (1992) *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Stanford, CA: Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.
- Koskela, L. *et al* (2002). The foundations of lean construction, in: *Design and construction: building in value* , Butterworth Heinemann, Oxford, England, pp. 211-226.
- Kristensen, K. H., Andersen, B. og Torp, O. (2013). Addressing the due-date-delivery problem of design in construction projects. In: *Building design management - Management of*

- the cooperative design and its interdisciplinary functions*. Doktoravhandling. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).
- Kristensen, K. H. (2012). *Building design management - Management of the cooperative design and its interdisciplinary functions*. Doktoravhandling. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).
- Kristensen, K. H. (2016), *Veileder – Lean i byggeprosjekt*, Tilgjengelig fra: <http://v1.prosjektnorge.no/files/ba2015/lean.pdf> (Hentet: 3. april 2021).
- Krygiel, E. og Nies, B. (2008) *Green BIM - Successful sustainable design with building information modeling*. USA: Wiley Publishing
- Kvale, S. og Brinkmann, S. (2015) *Det kvalitative forskningsintervju* (3.utg) Oslo: Gyldendal akademisk
- Kvande, T. og Lisø, K. R. (2010). *Byggeskader, Oversikt*. Byggforskserien, Byggforvaltning 700.110. SINTEF Byggforsk, Oslo.
- Langlo, J. A. et al (2017). *Prestasjonsmåling i norsk BAE-næring*. (Sintef-rapport 10200903) Trondheim: Sintef. Tilgjengelig fra [https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/2017-11-09-sluttrapport-maleprosjektet---prestasjonsmaling-i-norsk-bae-naring\\_endelig.pdf](https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/2017-11-09-sluttrapport-maleprosjektet---prestasjonsmaling-i-norsk-bae-naring_endelig.pdf) (Hentet: 1.mai 2021).
- Langlo, J.A. (2017). *Prosessveileder - prestasjonsmåling og forbedringsarbeid i prosjektsamarbeid*. Tilgjengelig fra: [https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/prosessveileder2017\\_prosjektnorge\\_elektronisk.pdf](https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/prosessveileder2017_prosjektnorge_elektronisk.pdf) (Hentet: 1.mai 2021)
- Lopez, M. W. (2000) *Whole Building Commissioning*, University of Florida. Tilgjengelig fra: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA379392.pdf>
- McFarlane, D., Farmer, T.. (2014) Design Phase Commissioning, *ASHRAE Journal*; New York, 56(2), 52-54
- Meland, Ø. H. 2000. *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen: Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko*. Doktorgradavhandling. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).
- Mills, E. (2011a), Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States, *Energy Efficiency*, 4(2), pp. 145-173.
- Mills, E. (2011b), Commissioning – capturing the potential, *ASHRAE Journal*, February 2011

- Mills, E *et al* (2005), The Cost - Effectiveness of Commissioning, *Heating/Piping/Air Conditioning Engineering: HPAC*, 77(10) pp. 20-24.
- Modig, N. og Åhlström, P. (2012). *Dette er Lean - Løsningen på effektivitetsparadokset*. 1. utg. Stockholm: Rheologica Publishing
- Moum, A., Bøhlerengen, T. og Høilund-Kaupang, H. (2016). *Lærer ikke byggenæringen av egne feil - Sintef Byggforsk*. Tilgjengelig fra: <https://www.aftenposten.no/meninger/kronikk/i/Oy5Qw/laerer-ikke-by> (Hentet: 1.juni 2021)
- Nilsen, F. (2021) *Systematisk ferdigstillelse - Suksessfaktorer og barrierer ved implementering av Systematisk ferdigstillelse i norske bygg- og anleggsprosjekter*. Prosjektoppgave, NTNU
- NTNU Samfunnsforskning (2021). *Råd og tips: Erfaringer fra forskningsprosjektet kontraktstrategier og spesialistbasert samhandling (KSS)*. BIA-Prosjekt 269496 / 020. Trondheim: Norges forskningsråd.
- NTNU Universitetsbiblioteket (2015) *Finne kilder*. Tilgjengelig fra: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Hjelp+til+litteratur%C3%B8k> (Hentet: 7.mai 2021)
- NTNU (2017) *Kildekritikk av artikler: T-O-N-E prinsippet*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=rs5PFX5SIHc> (Hentet: 7.mai 2021)
- Olsson, N. (2015) *Praktisk rapportskrivning* (2.utg). Trondheim: Tapir akademisk.
- Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators - Developing, implementing, and using winning KPIs*. 3. utg. Washington, DC: Asian Development Bank
- Reinertsen, D. G. (1997). *Managing the design factory: the product developer's toolkit*. USA: Free Press.
- Schade, J., Olofsson, T., og Schreyer, M. (2011). Decision-making in a model-based design process. *Construction Management and Economics*, 29(4), 371-382. DOI:10.1080/01446193.2011.552510
- Sacks, R. og Tribelsky, E. (2010). Measuring Information Flow in Detailed Design of Construction Projects. *Research in Engineering Design*. 21(3). Side 189-206. DOI: 10.1007/s00163-009-0084-3
- Salem, O. *et al* (2006) Lean Construction: From Theory to Implementation. *Journal of management in engineering*, 22(4) 168–175.



- SINTEF (2017). *Unngå byggeskader med grundig prosjektering*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/community/fagblogg/poster/unnga-byggeskader-med-grundig-prosjektering/> (Hentet: 5.mai 2021)
- Sharma, E. (2016) *3 Ways Commissioning Increases Building Management System Efficiency*. Tilgjengelig fra: [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_File\\_Id=1797593996&p\\_File\\_Name=998-2095-03-01-16AR0\\_EN.pdf](https://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=1797593996&p_File_Name=998-2095-03-01-16AR0_EN.pdf)
- Standard Norge (2020a) *NS 6450 Idriftsetting og prøvedrift av tekniske bygningsinstallasjoner*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/bygg-anlegg-og-eiendom/2016/ns-6450-idriftsetting-og-provedrift-av-tekniske-bygningsinstallasjoner/> (Hentet: 27.november 2020)
- Standard Norge (2016), *NS 6450:2016 Idriftsetting og prøvedrift av tekniske bygningsinstallasjoner*, Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=805837> (Hentet: 10. november 2020)
- Standard Norge (2019) *NS 3935:2019 Integrerte tekniske bygningsinstallasjoner (ITB) - Prosjektering, utførelse og idriftsettelse*. Tilgjengelig fra: <http://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=479401> (Hentet: 10. november 2020)
- Standard Norge (2020b) *NS 3935 - ITB-standard*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/bygg-anlegg-og-eiendom/2017/ns-39352011---integrerte-tekniske-bygningsinstallasjoner-itb/> (Hentet: 27.november 2020)
- Statsbygg (2018). PA0701 - Systematisk ferdigstilling. Tilgjengelig fra: <https://docplayer.me/106517656-Pa-0701-systematisk-ferdigstilling.html> (Hentet: 10.februar 2021)
- Stenstad, V., Rolstad, A. N. og Vordahl, R. (2005). *Kompetanseoverføring for reduksjon av byggefeil*. Tilgjengelig fra: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2418861/Prosjektrapport384.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Hentet: 12. desember 2020).
- Tatsiana, H. & Saad, A.-J. (2008). Identifying the KPIs for the design stage based on the main design sub-processes. I: *Proceedings of Joint CIB Conference: Performance and Knowledge Management*, s. 14-23. Rotterdam, Netherlands.
- Tekna (2021). BIM-modeller vil føre til færre krangler i vann- og avløpsbransjen. Tilgjengelig fra: <https://www.tekna.no/kurs/innhold/-bim-modeller-vil-fore-til-farre-krangler-i-vann--og-avlopsbransjen/> (Hentet: 1.juni 2021)

- Tjora, A. (2021) *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (3. utg.) Oslo: Gyldendal akademisk
- Tjora, A. (2017) *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (4. utg.) Oslo: Gyldendal akademisk
- Tvedt, I. M. (2018) *Hva gjør en prosjekteringsprosess god?* Mastergrad. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU).
- Varde Solutions (2018). *NHH foto*. Tilgjengelig fra: <https://talentmedia.no/wp-content/uploads/2018/09/NHH-foto-varde-solutions.jpg> (Hentet 1.april 2021).
- Westergaard, H., Arge, K. og Moe, K. (2010). *Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse*. Prosjekt 14303. Oslo: Byggekostnadsprogrammet. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/globalassets/upload/prosjekteringsplanlegging-og-ledelse.pdf> (Hentet: 10. mai 2021)
- Wig, B. B. (2013) *LEAN Ledelse for lærende organisasjoner*. Oslo: Gyldendal Akademisk
- Wilson, C. (2014) *Interview techniques for UX practitioners : a user-centered design method*. Waltham: Morgan Kaufmann.
- Wohlin, C. (2014) Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering *EASE 2014 : the 18th International Conference on Evaluation & Assessment in Software Engineering*. London, May 12th-14th 2014. s.1-10.
- Womack, J.P., Jones, D.T. og Roos, D. (1991) *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. New York, NY: MacMillan Publishing
- Zou, R. R., Tang, L. C. M., og Goh, M. (2013). Assessment of information maturity during design, operation and maintenance stages within BIM use environment. *The 19th International Conference on Engineering Design, ICED 2013*. Seoul, 19.-22. august 2013. DOI: 10.13140/RG.2.1.2273.2641
- Yin, R. K. (2018) *Case study research and applications: design and methods*. 6. utg. Los Angeles, California: SAGE

# Vedlegg

Vedlegg 1: Register over forkortelser

Vedlegg 2: Intervjuguide – Rehabiliteringen av NHH

Vedlegg 3: Intervjuguide – Øvrige dybdeintervjuer

Vedlegg 4: Prestasjonsmålingssystem

# Vedlegg 1: Register over forkortelser

NHH:	Norges Handelshøyskole
PPU:	Prosent Planlagt Utført (Last Planner System)
ITB:	Integrerte tekniske bygningsinstallasjoner
VDC:	Virtual Design And Construction
BIM:	Bygningsinformasjonsmodellering
MMI:	Modell Modenhets Indeks
KPI:	Key Performance Indicator
R-ITB:	Rådgivende ITB

# Vedlegg 2: Intervjuguide – Rehabilitering av NHH

- Individuelt, semistrukturert dybdeintervju
- Varighet: ca. 90 min

---

## Tema

Casestudie: Systematisk ferdigstillelse i Rehabiliteringen av NHH

## Form

Intervjuet starter med en kort og uformell samtale. Intervjueren leder så intervjuobjektet gjennom intervjuet med noen nedskrevne spørsmål, samt oppfølgingsspørsmål som tas på sparket. Intervjuer tar opp hele intervjuet på lydbånd.

---

### 1. RAMMESETTING (ca. 10 min)

*Uformell samtale: Løs prat, Informasjon om bakgrunn til prosjektet og problemstilling*

- Forklare hva intervjuet skal brukes til
- Avklar spørsmål rundt anonymitet og taushetsplikt
- Still spørsmål om intervjuobjektet har spørsmål eller om noe er uklart
- Informer om lydopptak hvis aktuelt, sørge for nytt muntlig samtykke til evt. Opptak

### 2. ERFARINGER (ca. 10 min)

*Overgangsspørsmål: Avdekke erfaringer og kjennskap til problemstillingen*

- Navn, bedrift, stilling, års erfaring, utdanning?
- Når ble du først introdusert for metodikken Systematisk ferdigstillelse?
  - Hva er systematisk ferdigstillelse for deg? Hva legger du i begrepet? Brukes et annet begrep?
  - Hva slags erfaring har du med Systematisk ferdigstillelse?
- Hvordan arbeider bedriften din med Systematisk ferdigstillelse?

### 3. FOKUSERING - REHABILITERINGEN AV NHH (ca 60 min)

*Nøkkelspørsmål og oppfølgingsspørsmål - kommer med noen generelle spørsmål, men gjerne eksemplifiser med hendelser fra NHH-prosjektet*

- Hvilken rolle hadde du i prosjektet? Og når ble du involvert i det, hvilken fase?

#### Tidligfase

- I veilederen om Systematisk ferdigstillelse poengteres det at denne prosessen starter ved prosjektstart.
  - Var det etablert noen retningslinjer før du ble involvert?
- Hvilke aktiviteter mener du må gjennomføres tidlig, dvs i fasen før entreprenør kontraheres, for å lykkes med Systematisk ferdigstillelse
  - Opplevde du noe av dette i NHH-prosjektet?
- I tidligfase, hvordan mener du at byggherre kan legge til rette for at prosjektet gjennom alle faser kan fokusere og få til en vellykket Systematisk ferdigstillelse?

- Hvilke utfordringer knyttet til Systematisk ferdigstilling opplevde dere i tidligfase?

### **Prosjekteringsprosessen**

- I samspillsfasen ble det vektlagt at byggherre, prosjekterende og entreprenør skulle samlokaliseres. Ble dette gjennomført og hvilken effekt tror du dette hadde?
- Hvordan blir prosjekteringsprosessen i et prosjekt med Systematisk ferdigstilling gjennomført? Annerledes enn tidligere?
- I prosjekteringen ble det gjennomført teoretiske bordtester? Hvis ja, hvordan fungerte de? Hvem ble involvert?
  - Hvis underentreprenører/leverandører bidro; ble disse kontrahert ekstra tidlig enn i vanlige prosjekt?
- Hva tenker du er prosjekteringsgruppens ansvar og rolle opp mot Systematisk ferdigstilling?
- Hvordan er det noen aktiviteter som bør vektlegges i prosjekteringen for prosjekter med fokus på Systematisk ferdigstilling?
- Hvilke utfordringer knyttet til Systematisk ferdigstilling opplevde dere i prosjekteringsprosessen?

### **Utførelse**

- Hvordan opplevde dere effekten av Systematisk ferdigstilling i utførelsesfasen?
  - Prosjektet er nå i prøvedriftfasen, har dere opplevd færre feil eller mangler?

### **Generelt**

- Hvilket fokus fikk Systematisk ferdigstilling gjennom hele prosjektet?
  - På hvilken måte klarte dere å skape dette fokuset?
- Hvem mener du hadde det overordnede ansvaret for gjennomføringen av Systematisk ferdigstilling i prosjektet? På hvilken måte?
- Hvordan var driftsorganisasjonen og brukere sin rolle opp mot Systematisk ferdigstilling?
- Hvis du skulle oppsummere med noen tiltak dere gjorde som var positivt for resultatet, hva vil du trekke frem?
- Hva er forbedringspotensialet?
- Slik du ser det, hva er de største fordelene systematisk ferdigstilling tilbyr?

## **4. TILBAKEBLIKK (ca. 10 min)**

- Intervjuer oppsummerer muntlig og går gjennom de viktigste punktene som kom frem i løpet av intervjuet
- Avklare eventuelle misforståelser
- Høre om det er noe mer intervjuobjektet ønsker å legge til.

## Vedlegg 3: Intervjuguide – Øvrige dybdeintervjuer

- Individuelt, semistrukturert dybdeintervju
- Varighet: ca. 90 min

---

### Tema

Systematisk ferdigstillelse i tidligfase og prosjekteringsprosessen.

### Form

Intervjuet starter med en kort og uformell samtale. Intervjueren leder så intervjuobjektet gjennom intervjuet med noen nedskrevne spørsmål, samt oppfølgingsspørsmål som tas på sparket. Intervjuer tar opp hele intervjuet på lydbånd.

---

#### 1. RAMMESETTING (ca. 10 min)

*Uformell samtale: Informasjon om bakgrunn til prosjektet og problemstilling*

- Forklare hva intervjuet skal brukes til
- Avklar spørsmål rundt anonymitet og taushetsplikt
- Still spørsmål om intervjuobjektet har spørsmål eller om noe er uklart
- Informer om lydopptak hvis aktuelt, sørg for nytt muntlig samtykke til evt. opptak

#### 2. ERFARINGER (ca. 10 min)

*Overgangsspørsmål: Avdekke erfaringer og kjennskap til problemstillingen*

- Navn, bedrift, stilling, års erfaring, utdanning?
- Når ble du først introdusert for metodikken Systematisk ferdigstillelse?
  - Hva er systematisk ferdigstillelse for deg? Hva legger du i begrepet? Brukes et annet begrep?
  - Hva slags erfaring har du med Systematisk ferdigstillelse?
- Hvordan arbeider bedriften din med Systematisk ferdigstillelse?

#### 3. FOKUSERING (ca. 60 min)

*Systematisk ferdigstillelse i tidligfase og prosjekteringsprosessen. Nøkkelspørsmål og oppfølgingsspørsmål relevant til masteroppgavens formål*

- I veilederen om Systematisk ferdigstillelse poengteres det at denne prosessen starter ved prosjektstart. Hvilke aktiviteter mener du må gjennomføres tidlig?
- I tidligfase, hvordan mener du at byggherre kan legge til rette for at prosjektet gjennom alle faser kan fokusere og få til en vellykket Systematisk ferdigstillelse?
- Hvilke utfordringer knyttet til Systematisk ferdigstillelse har du erfart oppstår i tidligfase?

- Hvordan beskriver du en god prosjekteringsprosess?
  - Hvilke endringer mener du har skjedd de siste årene i prosjekteringsprosessen?
  - Hvordan blir prosjekteringsprosessen i et prosjekt med Systematisk ferdigstillelse gjennomført? Annerledes enn tidligere?
  - I tidligfase, hvordan mener du at byggherre kan legge til rette for at prosjekteringsgruppen kan fokusere og ivareta Systematisk ferdigstillelse?
  - Bruk av prestasjonsmåling og KPIer, hvilken effekt kan det ha på prosjekteringsprosessen?
  - I prosjekteringen kan det bli gjennomført bordtester/tabeltester? Hvilken effekt har de på prosjektet?
  - Hva tenker du er prosjekteringsgruppens ansvar og rolle opp mot Systematisk ferdigstillelse?
  - Hvordan er det noen aktiviteter som bør vektlegges i prosjekteringen for prosjekter med fokus på Systematisk ferdigstillelse?
  - Hvilke utfordringer knyttet til Systematisk ferdigstillelse oppstår ofte i en prosjekteringsprosess?
- 
- Hvordan bør driftsorganisasjonen og bruker involveres i tidligfase og prosjekteringsprosessen?
  - Slik du ser det, hva er de største fordelene systematisk ferdigstillelse tilbyr?

#### **4. TILBAKEBLIKK (ca. 10 min)**

- Intervjuer oppsummerer muntlig og går gjennom de viktigste punktene som kom frem i løpet av intervjuet
- Avklare eventuelle misforståelser
- Høre om det er noe mer intervjuobjektet ønsker å legge til.





