

Håvard Linnerud

Anvendelse av VDC i prosjekteringsprosessen

Masteroppgave i Project Management

Veileder: Ole Jonny Klakegg

Juni 2021

Håvard Linnerud

Anvendelse av VDC i prosjekteringsprosessen

Et kvalitativt studie om erfaringer hos norske
totalentreprenører

Masteroppgave i Project Management
Veileder: Ole Jonny Klakegg
Juni 2021

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



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne masteroppgaven markerer fullføringen av mastergraden MSc Project Management ved institutt for bygg og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Oppgaven er skrevet våren 2021 og utgjør 30 studiepoeng. Arbeidet er en videreføring av undertegnede prosjektoppgave skrevet høsten 2020 som en del av emnet TBA 4530 - Prosjektledelse og anleggsteknikk, fordypningsprosjekt.

Denne oppgaven tar for seg hvordan Virtual Design and Construction har blitt anvendt og hvilke innvirkninger rammeverket har hatt på prosjekteringsprosessen hos norske totalentreprenører. Oppgavevalget er et resultat av min store interesse for prosjektstyring.

I forkant av masteroppgaven lagde jeg en oversikt over mine interesser og ønsker for oppgaven som ble sendt ut til et utvalg totalentreprenører. Andreas Haug fra Consto Midt-Norge AS tok kontakt og var interessert i et samarbeid. Innledningsvis snakket vi om aktuelle temaer og fant ut at VDC i prosjekteringsprosessen var naturlig å sikte seg inn på. På dette tidspunktet var jeg kjent med begrepet VDC og noe av rammeverkets elementer. Jeg har stor tro på at VDC vil være en sterk bidragsyter i bransjeløftet.

Jeg ønsker å rette en stor takk til veilederen min Ole Jonny Klakegg (professor i prosjektledelse ved institutt for bygg og miljøteknikk, NTNU), for å ha gitt gode innspill, konstruktive tilbakemeldinger og ellers hjulpet meg gjennom både prosjektoppgaven og masteroppgaven. De tre kontaktpersonene i Consto Midt-Norge AS samt alle intervjupersonene fortjener en stor takk for å ha delt deres erfaringer og kompetanse. Ellers vil jeg takke alle andre bidragsytere som har bidratt til å gjøre oppgaven til det den har blitt.

Avslutningsvis vil jeg rette en stor takk til Sebastiano Lombardo som har stilt opp for meg til alle døgnest tider. Takk for gode og gjennomtenkte tilbakemeldinger og et oversiktsblikk kun en erfaren forsker og ingeniør har. Din introduksjon til lateral og parallell tenkning har gitt meg stor motivasjon og blir med videre inn i min karriere.

NTNU har ikke ansvar for synspunkter eller innhold i oppgaven. Innholdet i denne oppgaven står på undertegnede ansvar.

Trondheim, juni 2021

Håvard Linnerud

Håvard Linnerud

Sammendrag

Virtual Design and Construction (VDC) ble utviklet for bransjen for tjue år siden og får økende oppmerksomhet blant norske totalentreprenører. VDC betraktes som et rammeverk med kjente teknikker og moderne verktøy satt i system for å maksimere kunde verdi. Hensikten med VDC er å redusere variabiliteten i prosjekter gjennom høyere grad av samspill.

I dag finnes det lite forskning som tar for seg erfaringer knyttet til VDC implementeringen og dens innvirkning på prosjekteringsprosessen. Prosjekteringsprosessen er en viktig del av ethvert byggeprosjekt og spiller en viktig rolle på prosjektets måloppnåelse. Problemstillingen: "Hvilken innvirkning har Virtual Design and Construction på prosjekteringsprosessen hos norske totalentreprenører?" og følgende forskningsspørsmålet undersøker fenomenet:

- Hva er Virtual Design and Construction?
- Hvilke erfaringer har norske totalentreprenører med bruken av Virtual Design and Construction?
- Hvordan kan anvendelsen av Virtual Design and Construction bidra til å forbedre prosjekteringsprosessen i Consto Midt-Norge AS?

For å svare på forskningsspørsmålene er det benyttet tre kvalitative forskningsmetoder; litteraturstudie, intervjuer og dokumentanalyse. Intervjuene ble avholdt med ni aktører spredt på sju bedrifter, alle med tilknytting eller kompetanse om prosjekteringsprosessen hos norske totalentreprenører.

Funn fra den kvalitative litteraturstudien viser at VDC er delt inn i fire hoveddeler. Integrated Concurrent Engineering, Bygningsinformasjonsmodellering, Project Production Management og målinger. Med disse satt i system undersøker studien hvordan VDC påvirker beslutningstid, tverrfaglig kommunikasjon og ufullstendig prosjektering.

Erfaringer fra norske totalentreprenører er at det fremdeles er behov for kompetanseheving, spesielt blant byggherrer. Dette for å unngå beslutningsvegring slik at avklaringer kan tas fortløpende. Modellmodenhetsindeksen er verdifull for å kommunisere geometri og informasjonsinnhold i en bygningsinformasjonsmodell, men også for å formidle modenhet av andre planer. Erfaringen er at VDC ikke kan nå sitt fulle potensial uten at kontraktstrukturen endres. VDC-rammeverket har likevel endret prosjekteringsprosessen til å være mer proaktiv og økt fokuset på gode forberedelser og samarbeid. Høy implementeringsgrad av VDC skaper trygghet for beslutningstager, og er tillitsbyggende for prosjekteringsgruppen.

Consto Midt-Norge AS, en bedrift i implementering- og sertifiseringsfasen, kan med fordel ta i bruk andre beslutningsteknikker som parallell og lateral tenkning. Disse teknikkene understøtter prinsippene med VDC og åpner for bedre samarbeid. Bedrifter som i dag tar i bruk VDC bør utfordre byggenæringen og kontraktsstrukturen til å bli funksjonsbasert, da dette reduserer antall grensesnitt.

Abstract

Virtual Design and Construction (VDC) was developed twenty years ago and is gaining attention among Norwegian turnkey contractors in the construction industry. VDC is considered a framework utilizing common techniques and modern tools systemized to maximize customer value. The purpose of VDC is to reduce the variability of projects by increasing the degree of interaction.

Today, there is lacking research addressing experiences related to the VDC implementation and its impact on the design process. The design process is an important part of any construction project and plays an important role achieving project and business goals. The problem statement: “What impact does Virtual Design and Construction have on the design process of Norwegian turnkey contractors?” and the following research question examines the phenomenon:

- What is Virtual Design and Construction?
- What experiences do Norwegian turnkey contractors have from using Virtual Design and Construction?
- How can the application of Virtual Design and Construction contribute to improve the design process in Consto Midt-Norge AS?

To answer the research questions, three qualitative research methods were used: literature study, interviews, and document analysis. The interviews were conducted with nine interviewees from seven companies, all with affiliation or expertise from the design process in Norwegian turnkey contractors.

Results from the qualitative literature study show that VDC consists of four parts. Integrated Concurrent Engineering, Building Information Modeling, Project Production Management and Metrics. Systemizing these ensures that the design process reduces decision time and increases interdisciplinary communication to avoid incomplete design.

Experiences from Norwegian turnkey contractors indicate that there is still a need for competence development, especially for clients. This is to avoid unnecessary discrepancies decision-makers must consider when making decisions. The Model Maturity Index proves valuable for communicating geometry and information for building information modeling, but also for other plans. Experiences shows that VDC cannot reach its full potential without altering the contract structure. However, the VDC framework has changed the design process to be more proactive and increased the focus on preparation and collaboration. A high degree of implementation of VDC creates security for decision-makers and builds trust among teams.

Consto Midt-Norge AS, a company in the implementation and certification phase, can advantageously use other decision-making techniques such as parallel and lateral thinking. These techniques support the principles of VDC and allows increased collaboration. Com-

panies that currently use VDC should challenge the construction industry and the contract structure to become function-based, as this reduces the number of interfaces.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	iii
Forkortelser	1
1 Introduksjon	2
1.1 Introduksjon	2
1.2 Bakgrunn og oppgavebeskrivelse	3
1.2.1 Problemstilling og forskningsspørsmål	3
1.3 Omfang og avgrensninger	4
1.4 Disposisjon	5
2 Metode	6
2.1 Generelt om vitenskapelig metode	6
2.1.1 Kvalitativ forskningsmetode	6
2.1.2 Vurdering av kvalitative metoder	6
2.2 Valg av metode	7
2.2.1 Kvalitativt litteratursøk	8
2.2.2 Kvalitative intervjuer	9
2.2.3 Kvalitativ dokumentanalyse	11
2.3 Gjennomføring av metodevalg	11
2.3.1 Litteraturstudie	11
2.3.2 Kvalitative intervjuer	14
2.3.3 Kvalitativ dokumentanalyse	18
2.4 Dataanalyse	18
2.4.1 Analyse av kvalitativt litteratursøk	18
2.4.2 Analyse av kvalitative intervjuer	18
2.4.3 Analyse av kvalitativ dokumentstudie	19
2.5 Reliabilitet og validitet	19
3 Teoretisk bakgrunn	21
3.1 Byggeprosessen	21
3.1.1 Prosjekt	21
3.1.2 Byggeprosessen	21
3.2 Prosjekteringsprosessen	23
3.2.1 Prosjekteringsgruppen	23
3.2.2 Prosjekteringsprosessen	23
3.2.3 Faser i prosjekteringsprosessen	23
3.3 Tverrfaglig kommunikasjon	25
3.3.1 Kostnad på informasjon	27
3.3.2 Kommunikasjon i praksis	28
3.4 Beslutningstagning	28
3.4.1 Lean Construction	29
3.4.2 Vertikal, parallell og lateral tenkning	30
3.4.3 Prosjekteringsprosessen i endring	31
3.4.4 Modell modenhets indeks	32
3.5 Ufullstendig prosjektering	33
3.5.1 Grensesnitt i prosjektering	34

4	Virtual Design and Construction	37
4.1	Integrated Concurrent Engineering	38
4.2	Bygningsinformasjonsmodellering	41
4.3	Project Production Management	42
4.4	Målinger	43
5	Resultater	45
5.1	Erfaringer fra bransjen	45
5.1.1	Tverrfaglig kommunikasjon	45
5.1.2	Beslutningstagning	47
5.1.3	Ufullstendig prosjektering	49
5.2	Consto Midt-Norge AS sin VDC tilnærming	51
5.2.1	Utgangspunktet til Consto Midt-Norge AS	52
5.2.2	Informant 1 - 50% mindre feil og mangler i prøvedrift	53
5.2.3	Informant 2 - Ferdigstille arbeidsgrunnlag for produksjon tidsnok	57
5.2.4	Informant 3 - Sikre en effektiv og god samspillsfase og detaljprosjektering	61
6	Diskusjon	65
6.1	Tverrfaglig kommunikasjon	65
6.1.1	Kommunikasjonssvikt	65
6.1.2	Snakke samme språk	68
6.1.3	Teamsammensetningen	69
6.2	Beslutningstagning	71
6.2.1	Seks tenkehatter og parallell tenkning	73
6.2.2	Lateral tenkning	75
6.3	Ufullstendig prosjektering	76
6.3.1	Målinger	76
6.3.2	Faginndelte entrepriser - Et feilskjær?	78
6.3.3	Prosjekteringsprosessens avkastning	79
7	Konklusjon	81
7.1	Hva er Virtual Design and Construction?	81
7.2	Hvilke erfaringer har norske totalentreprenører med bruken av Virtual Design and Construction?	82
7.3	Hvordan kan anvendelsen av Virtual Design and Construction bidra til å forbedre prosjekteringsprosessen i Consto Midt-Norge AS?	82
7.4	Videre forskning	83
8	Bilag	I
8	Vedlegg - A	VI

Figurer

1	Forskjellige intervjugjennomføringer (Johannessen. mfl., 2019)	9
2	Illustrasjon på byggeprosessens faser (Meland, 2000)	22
3	Effektiviteten til forskjellige typer kommunikasjon, hentet fra (Svalestuen mfl., 2017)	26
4	Kost/informasjon ratio og kvalitet av informasjon (Samset, 2000)	27
5	MacLeamys-kurve presentert av (Davis, 2013)	27
6	Plan - Do - Check - Act, illustrasjon av (Johannessen, u.d.)	30
7	Parallell tenkning med seks tenkehatter, inspirert av (de Bono, 1999)	30
8	MMI - Modellmodenhetsindeksen (Fløisbonn mfl., 2018)	33
9	Utfordringer i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon (Svalestuen mfl., 2017)	34
10	Typiske grensesnitt (Westgaard mfl., 2009)	35
11	Integrasjon mellom elementene i VDC (Rischmoller mfl., 2018)	38
12	Forskjellen på samspillet i tradisjonelle prosjekteringsmetodikker og ved ICE (Hermundsgård, 2020)	39
13	Last Planner System (Richert, 2017)	43
14	Implementeringsplan for å redusere feil og mangler i prøvedrift	53
15	Eksisterende arbeidsprosess for funksjonstester. (Eget tilvirke)	54
16	Oppnådde og ønskede ICE målinger for I1	55
17	Oppnådde og ønskede BIM målinger for I1	56
18	Oppnådde og ønskede PPM målinger for I1	57
19	Implementeringsplan for å ferdigstille arbeidsplan tidsnok	58
20	Oppnådde og ønskede ICE målinger for I2	59
21	Implementeringsplan for å forbedre samspillsfase og detaljprosjektering	61
22	Oppnådde og ønskede ICE målinger for I3	62
23	Målinger ved bruk av IFC i ICE-sesjoner	63

Tabeller

1	Forskningsspørsmålenes metodevalg	7
2	Søkeresultater fra forskjellige databaser	13
3	TONE-prinsippet (Overland, 2018)	14
4	Intervjupersonene	16
5	Modelmodenhetsindeks verdier, presentert av Fløisbonn mfl.(2018)	33
6	Typisk innhold i sesjonsplan, Hermundsgård (2020)	40
7	Definering av målinger for ICE-sesjoner tilknyttet redusering av feil og mangler i prøvedrift	54
8	Definering av målinger ved bruken av BIM tilknyttet redusering av feil og mangler i prøvedrift	55
9	Definering av målinger av PPM tilknyttet redusering av feil og mangler i prøvedrift	56
10	Definering av målinger for ICE for å ferdigstille arbeidsgrunnlag tidsnok	59
11	Identifisering av målinger for BIM for å ferdigstille arbeidsgrunnlag tidsnok	60
12	Identifisering av PPM målinger for å ferdigstille arbeidsgrunnlag tidsnok	60
13	Identifisering av ICE målinger for å forbedre samspillsfasen og detaljprosjekteringen	62
14	Identifisering av målinger av BIM for forbedring av samspillsfase og detaljprosjektering	63
15	Identifisering av PPM målinger for forbedring av samspillsfase og detaljprosjektering	64

Forkortelser

BAE	Bygge-, Anleggs- og Eiendomsnæringen
BIM	Bygningsinformasjonsmodell
FDV	Forvaltning Drift og Vedlikehold og
FM	Facility Management
ICE	Integrated Concurrent Engineering
IFC	Industry Foundation Classes
LC	Lean Construction
LoD	Level of Detail/Development
LPS	Last Planner System
MMI	Modell Modenhets Indeks
PDCA	Plan - Do - Check - Act
PPM	Project Production Management
PPU	Prosent Planlagt Utført
VDC	Virtual Design and Construction

1 Introduksjon

1.1 Introduksjon

Kristine og Magnus jobber som prosjekteringsledere på det nye skolebygget i lokalsamfunnet. Der har de ansvaret for å samkjøre informasjonen fra rådgivende ingeniører, arkitekter, konsulenter og underentreprenører slik at kunden, Peder, får skolebygget med funksjonene han etterspurte. Deres arbeidshverdag består av å kommunisere med de ulike aktørene og å gi Peder oversikt over prosjektet, slik at han kan ta beslutninger på et komfortabelt grunnlag. For Kristine og Magnus er det viktig at prosjektet holder Peders krav og forventinger til tid, kost og kvalitet. Funksjonene som Peder etterspør skal leveres etter avtale, og alle større endringer skal gå gjennom han.

Et godt stykke inn i prosjektet innser Kristine og Magnus at de ligger langt bak planlagt skema. De får tegningsunderlag som ikke er tverrfaglig kontrollert og må derfor justere og omprosjekttere i flere omganger for å sikre at produksjonsunderlaget er byggbart. Dette gjør at produksjonsunderlaget bli forsinket som igjen skaper forsinkelser på byggeplass. Det ufullstendige produksjonsunderlaget gjør Peder usikker på hvilket grunnlag han har for å kunne ta beslutninger, og etterspør informasjon som gjør han i stand til å ta beslutningene som trengs. Fagene som er avhengig av hverandre snakker ikke med hverandre og møteproduktiviteten er lav. Kristine og Magnus blir frustrerte over de stadige omkampene og omprosjekteringen og bestemmer seg for å ta grep. Denne hverdagen gjelder ikke bare Kristine, Magnus og Peder, men store deler av byggenæringen. Dårlig tverrfaglig kommunikasjon og beslutningstagnning skaper ufullstendig prosjektering som ender i forsinkelser, kostnadsoverskridelser og nedsatt kundetilfredshet. Derfor er det viktig og aktuelt å fokusere på disse temaene.

Kristine og Magnus går på kurs for å lære seg digitale modelleringsprogrammer og får firma til å ansette en BIM ekspert. De lærer seg Lean-prinsippene og implementerer det i produksjonsfasen. De opplever stor motvisjon og forbedring av de nye arbeidsmetodikkene og får stor verdi i å visualisere prosjektet i den tredimensjonale verdenen. Til tross for disse tiltakene opplever Kristine og Magnus fremdeles at prosjekteringsprosessen ikke gir ønsket resultat til riktig tid, samtidig føler Peder fremdeles på et behov for bedre beslutningsgrunnlag. Prosjekteringsprosessen lider fortsatt av dårlig tverrfaglig kommunikasjon og beslutningsprosesser for å maksimere utbytte av prosjektet.

En dag blir Kristine og Magnus introdusert for et nytt rammeverk som skal hjelpe på deres problemer. Et rammeverk som tilrettelegger for god tverrfaglig kommunikasjon, rask og tydelig beslutningstagnning som sikrer leveransen av fullstendig prosjektering innen avtalt tid. Rammeverket Virtual Design and Construction skal være endringen som smelter sammen prosjektet til et omforent tverrfaglig samarbeid, noe bransjen har et sårt behov for.

1.2 Bakgrunn og oppgavebeskrivelse

Historien ovenfor løfter frem problemområder som rammer norske totalentreprenører, og kan oppsummeres ved å definere tre problemområder: tverrfaglig kommunikasjon, beslutningstagning og ufullstendig prosjektering. Denne defineringen gjøres for å skape en tydelig avgrensning på studien, da alle tre er dagsaktuelle å adressere. Byggenæringen står ovenfor en rekke utfordringer som preger produktiviteten og lønnsomheten av prosjekter (Bygg21, 2019). I lys av dette er VDC et forsøk på å snu den stagnerte utvikling, blant annet ved å øke samspillet og minimere variabilitet (Kunz & Fischer, 2019). Oppgaven har som hensikt å belyse tre problemområder byggenæringen står ovenfor og hvordan VDC kan forbedre utfallet av utfordringene. I prosjekteringsprosessen er det et stort behov for å imøtekomme disse problemområdene for å unngå omkamper, omprosjekteringer, kostnadsoverskudd og forsinkelser (Bygg21, 2019).

På bakgrunn av introduksjonen er det derfor undersøkt hvordan implementeringen av VDC har påvirket prosjekteringsprosessen. Det er forsket lite på paradigmeskiftet VDC har skapt for prosjekteringsprosessen hos norske totalentreprenører. For totalentreprenører vil en forbedret prosjekteringsprosess bety besparelser av både tid og penger. Studien er dermed et forsøk på å være til hjelp for bedrifter som vurderer eller er igang med implementeringen eller bruker VDC rammeverket. Ved å høste erfaringer fra norske totalentreprenører skapes et bilde av hvilke problemområder som forventes og hvordan de kan imøtekommes.

Studien tar for seg hva rammeverket er, hvilke erfaringer som er gjort i forbindelse med rammeverket og hvordan disse kan anvendes for å imøtekomme Consto Midt-Norge AS sine forventninger til implementeringen i forbindelse med forbedring av prosjekteringsprosessen.

Studien undersøker hvilke erfaringer norske totalentreprenører har ved bruken av VDC metodikken. Dette gjøres ved å høste erfaringer fra nøkkelpersoner med god erfaring i bruken av VDC. Samtidig er det opprettet et samarbeid med Consto Midt-Norge AS som er i gang med sertifiseringskurs for tre av sine ansatte med roller tilknyttet prosjekteringsprosessen. Studien har som mål å belyse hvordan anvendelsen av VDC-metodikk kan forbedre prosjekteringsprosessen for bedrifter i samme situasjon som Consto Midt-Norge AS.

1.2.1 Problemstilling og forskningsspørsmål

Basert på introduksjonen, forsøker masteroppgaven å svare på følgende problemstilling:

“Hvilken innvirkning har Virtual Design and Construction på prosjekteringsprosessen hos norske totalentreprenører?”

For å underbygge problemstillingen besvares tre forskningsspørsmål:

1. Hva er Virtual Design and Construction?

For å undersøke hvilke erfaringer norske totalentreprenører har med VDC, er det nødvendig å definere rammeverket. VDC er et relativt nytt verktøy som benyttes med økende oppmerksomhet. Det finnes flere viktige elementer i VDC som er viktig å adressere. En tydelig definisjon av VDC er avgjørende for å kunne besvare problemstillingen.

2. Hvilke erfaringer har norske totalentreprenører med bruken av Virtual Design and Construction?

Etttersom VDC interessen øker vil det være nødvendig å undersøke hvordan forskjellige totalentreprenører i Norge benytter rammeverket. Forskjellige bedrifter ønsker å bruke VDC for å bedre problemområder som er sentrale i deres bedrift. Dette gjør at erfaringene varierer, men gjør det svært aktuelt å forske på. Ved å hente erfaring fra bransjen er det undersøkt hvordan norske totalentreprenører benytter VDC for å forbedre prosjekteringsprosessen.

3. Hvordan kan anvendelsen av Virtual Design and Construction bidra til å forbedre prosjekteringsprosessen i Consto Midt-Norge AS?

Consto Midt-Norge AS er i tidligfasen når det kommer til bruken av VDC som hjelpemiddel. Erfaring og kompetanse må kartlegges for å skape en oversikt over bedriftens utgangspunkt. Denne studien undersøker hvordan totalentreprenører benytter VDC for å effektivisere prosjekteringsprosessen ved å undersøke en reel implementeringsprosess i Consto Midt-Norge AS.

1.3 Omfang og avgrensninger

Denne masteroppgaven utgjør 30 studiepoeng og er gjennomført i løpet av 20 uker. Oppgaven er skrevet individuelt, men det er innhentet data fra intervjuer av nøkkelpersoner med VDC erfaring samt gjennom et tettere samarbeid med Consto Midt-Norge AS. Tidsbegrensingen betyr at omfanget og avgrensninger er nøye valgt for å ikke gape over for mye. Studien er en videreføring av prosjektoppgaven gjennomført høsten 2020, som ble utført som et litteraturstudie om VDC sin effekt på produksjonsunderlaget (Guttormsen & Linnerud, 2020).

Masteroppgaven vil fokusere hovedsaklig på tre store problemområder knyttet til prosjekteringsprosessen som anvendelsen av VDC-metodikk skal forbedre. Mangelfull tverrfaglig kommunikasjon, prosessen rundt beslutningstagning og ufullstendig prosjektering er fokusset i studien. Denne avgrensningen er gjort fordi VDC er så stort at det ikke er hensiktsmessig å vurdere alt i én masteroppgave. Studien er avgrenset for å ta for seg prosjekteringsprosessen, selv om VDC-rammeverket er verdifullt for de øvrige fasene av et byggeprosjekt. Studien er også avgrenset til å ta for seg norske totalentreprenører.

Studiens omfang er kun representativt for norske totalentreprenører da innhentet data er hentet derfra. Det er ikke fokusert på å hente data fra byggherre eller andre roller som ikke er direkte tilknyttet prosjekteringsprosessen. Erfaringer er hentet fra nøkkelpersoner med svært god forståelse og lang erfaring, samt personer som gjennomgår kursing og sertifisering av VDC. Studiens grunnlag er mest verdifullt for totalentreprenører med noe forkunnskaper, og som ønsker ytterligere anbefalinger. Innhenting, mengden og kvaliteten av data er begrenset i forhold til Covid-19 tiltak. Ansikt til ansikt intervjuer ville vært mindre begrensende.

1.4 Disposisjon

Masteroppgaven har sju hovedkapitler med tilhørende underkapitler. I bilaget er det lagt med generell introduksjon om oppgaven og intervjuguide, videre kommer vedlegg som er ment for å utdype oppgaven ytterligere. Innholdet i de sju hovedkapitlene er:

Kapittel 1 - Introduksjon

I den innledende vignetten forklares hvorfor temaet i oppgaven er viktig og dagsaktuelt å fokusere på. Det foreligger også bagrunn for oppgaven og presentering av problemstilling, forskningsspørsmål og avgrensninger.

Kapittel 2 - Metode

Her forklares relevant metodeteori og det reflekteres om hvorvidt valg av metode er egnet for å besvare oppgaven. Det inngår evaluering og forklaring av metodevalgene.

Kapittel 3 og 4 - Teori

Det teoretiske rammeverket for oppgaven legges frem i to kapitler. Det første inneholder emnene; byggeprosess, prosjekteringsprosess, tverrfaglig kommunikasjon, beslutningstagning og ufullstendig prosjektering. Kapittel 4 inneholder teori tilknyttet forskningsspørsmål 1 om Virtual Design and Construction.

Kapittel 5 - Resultater

Dette kapitlet legger frem resultatene fra forskningsspørsmålene 2 og 3. Funnene som blir presentert er hentet fra personer med ekspertise innenfor relevante fagområder, og dokumenter som ble benyttet i forbindelse med intervjuene.

Kapittel 6 - Diskusjon

Funn fra de foregående kapitlene settes opp mot hverandre. Diskusjonen er inndelt etter tre problemområder som alle totalentreprenører i norsk byggenæring har kjennskap til.

Kapittel 7 - Konklusjon

Det siste kapitlet viser hovedfunnene i studien og besvarer problemstillingen og forskningsspørsmålene. Kapitlet er delt opp etter forskningsspørsmålene.

2 Metode

I dette kapitlet forklares fremgangsmetoden som er benyttet for å besvare oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Forskningsmetodene vil bli forklart og evaluert. Kapitlet vil også inneholde hvordan innhentet informasjon, erfaring og kompetanse ble behandlet og analysert. Før det til slutt gis en vurdering av forskningsmetodens reliabilitet og validitet.

2.1 Generelt om vitenskapelig metode

En forskningsmetode er ifølge Dalland (2020) forskernes redskap for å finne det som skal undersøkes. Metoden skal bidra til å samle *dataen* en trenger for å fylle kunnskapsgapet en vil lukke. Uavhengig av det en ønsker å undersøke vil måten en går frem på for å finne informasjon prege kvaliteten på forskningen (Dalland, 2020).

2.1.1 Kvalitativ forskningsmetode

Kvalitative metoder tar for seg erfaringer, meninger og opplevelser som ikke er målbare gjennom bruk av tall og statistikk. Dalland (2020) beskriver kvalitativ metode ved at den kvalitative variasjonen best mulig gjenspeiler virkeligheten. Forskningsmetodens styrke ligger i å gå i dybden og å være fleksibel uten faste svaralternativer. På denne måten vil forskeren undersøke fenomenet fra innsiden (Dalland, 2020).

Metoden for innhenting av data er med på å bestemme hvilken forskningsmetode en benytter. Dalland (2020) hevder at forskere som benytter kvalitative metoder ofte karakteriseres som *tolkere*, noe som kan forklares med at kvalitative metoder ikke bygger på konkrete rammer. Kvalitativ forskningsmetode går i dybden i et fenomen, som kan redusere misforståelser og andre feilkilder knyttet til innsamlingen av data (Dalland, 2020).

2.1.2 Vurdering av kvalitative metoder

En metode skal inneholde alt som påvirker resultatene, men Dalland (2020) understreker at det også er forventet at en vurderer studiets kvalitet. Dette kan gjøres ved å evaluere noen faktorer som presenterer styrker og svakheter med studien. I denne studien legges det frem to begreper som benyttes for å vurdere kvaliteten; reliabilitet og validitet.

Reliabilitet

Ifølge Dalland (2020) betyr reliabilitet pålitelighet eller troverdighet og handler om hvorvidt forskningens resultateter er konsise og troverdige. Det legges vekt på hvordan forskningsprosessen er utført, slik at andre forskere kan gjenskape prosessen for å innhente sammenlignbare resultater. Gjennomførelsen av undersøkelsene som er gjort skal inkludere hvordan

data er samlet inn og analysert. For forfatteren vil det også være relevant å vurdere eget teoretisk ståsted og evaluere hvorvidt det har påvirket tolkningene som er gjort (Dalland, 2020).

Engebø (2020) forklarer at reliabiliteten i kvalitativ forskning kan styrkes ved å bruke samme intervjuguide for å studere samme fenomen. Dalen (2015) forklarer to typer reliabilitet. *Indre reliabilitet* omhandler hvorvidt andre forskere kan benytte samme begreper, teori og tolkninger for analysen av data på samme måte som den opprinnelige forskeren. *Ytre reliabilitet* forteller i hvilken grad forskjellige forskere undersøker samme fenomen med samme resultater (Dalen, 2015).

Validitet

Dalland (2020) beskriver validitet som faktoren som forklarer i hvilken grad metoden er egnet for å undersøke det studerte fenomenet. Hvorvidt en kvalitativ metode er valid kan diskuteres ettersom resultatene ikke kan kvantifiseres. Likevel kan en tolke validitet som evnen til undersøke det som faktisk skal undersøkes. Det påpekes i tillegg at validitet er avhengig av at forskningsprosessen er fornuftig og forsvarlig og at den understøtter konklusjonen. Rikelig med forberedelser og bevissthet rundt egen posisjon vil endre hvordan resultatene tolkes, og vil være en del av evalueringen (Dalland, 2020).

2.2 Valg av metode

“Når vi selv er det instrumentet som samler inn data, vurderer og tolker, krever det bevissthet om eget ståsted, egen forforståelse og kontekst i betydningen sammenheng” — Dalland (2020)

For å svare på forskningsspørsmålene er flere metoder brukt. Tabell 1 viser hvilke metoder som ble benyttet for å besvare forskningsspørsmålene. Metodene er valgt på grunnlag av dens egnethet til å undersøke forskningsspørsmålene. De metodiske tilnærmingene er valgt slik at fenomenet som skal undersøkes gjøres på bakgrunn av reliabilitet og validitet, samtidig som eget ståsted er vurdert.

Forskningsspørsmål	Kvalitativt litteratursøk	Kvalitative intervjuer	Kvalitativ dokumentanalyse
Hva er Virtual Design and Construction	X		
Hvilke erfaringer har norske totalentreprenører med bruken av Virtual Design and Construction?		X	(X)
Hvordan kan anvendelsen av Virtual Design and Construction bidra til å forbedre prosjekteringsprosessen i Consto Midt-Norge AS?		X	(X)

Tabell 1: Forskningsspørsmålenes metodevalg

Tabell 1 viser forskningsspørsmålene med deres respektive metodevalg. Primærmetoden er fremstilt med en X, mens supplerende metoder med (X).

2.2.1 Kvalitativt litteratursøk

En litteraturstudie kan ta flere former, enten i form av en litteratursøk gjennomgang eller ved en systematisk litteraturstudie (Dalland, 2020). Et kvalitativt litteratursøk danner grunnlaget for denne studien. Engebø (2020) hevder at et litteraturstudie er benyttet for å danne grunnleggende forståelse for fagfeltet og skaffe seg oversikt over eksisterende forskning (Engebø, 2020). På denne måten foretar en seg en kumulativ tilnærming der en bygger på eksisterende forskning en har tillit til som gir en troverdig kunnskapsmessig basis (Dalland, 2020).

Litteratursøk og systematisk gjennomgang foregår ved å søke i databaser. I de fleste databasene kan en filtrere søkene slik at de mest aktuelle og tidsriktige publikasjonene vises først. For at forskningen skal ansees som troverdig er det spesielt viktig å søke etter fagfelleverderte tidsskrifter (ENG: peer review). Svartdal (2021) forklarer fagfelleverderte tidsskrifter som et stempel på kvalitetsikring. Dette innebærer at to til fire eksperter innenfor temaet kritisk vurderer bidraget basert på bestemte kvalitetskriterier. Kriteriene vurderer om bidraget tilfører noe nytt i forskningsfeltet, om konklusjonen har dekning i dataen som rapporteres og om forfatterne har forankret problemstillingen i tidligere publisert litteratur (Svartdal, 2021).

For å påse at nøkkelpublikasjoner blir oppfanget i litteratursøket er det viktig å bruke gode søkeord. Dalland (2020) understreker at det er gunstig å bruke synonymmer både på norsk og engelsk i søkeprosessen. I forskningsfelt som er i stor endring vil det eksempelvis være gunstig å se på publikasjoner innenfor de siste årene eller av velkjente forskere. Å foreta søkestrategier i parallell er ifølge Dalland (2020) svært fordelaktig, han presenterer *greeting*, *snowballing*, *siteringsindekser* og *(semi)strukturerte søk* som mulige strategier.

Snowballing handler om å benytte litteraturlisten i publikasjoner en ser på som relevant. Slike søk kan foregå både fremover og bakover i tid, og er mye benyttet for å innhente data for denne studien. Det er også søkt i relevante journaler og med spesifikke søkeord. *Journal of Information Technology in Construction*, *International Journal of Project Management* og *Journal of Construction Management and Economics* er mest brukt. Søkeord som *VDC management performance*, *design management*, *VDC streamlines design phase* og *design phase bottlenecks* er benyttet for å finne relevante publikasjoner. I tillegg er et kompendium skrevet av Østby-Deglum, Svalestuen og Drevland (2013) for TBA4127 - Prosjekteringsledelse brukt for å innhente teori.

Begrunnelse for dette valget

En grunnleggende forståelse av VDC er essensielt for å forstå oppgavens forskningsbidrag. Det er derfor naturlig å vektlegge hva VDC er, noe som blir løst med forskningsspørsmålet "Hva er Virtual Design and Construction?". Forskningsfeltet inneholder bidrag som danner

et stødige teoretisk ståsted for studien. VDC brukes for det meste kun av de ivrigste innovative sjelene rundt om i verden, men noe mer allment i USA og Skandinavia (Kunz & Fischer, 2019). For å tilegne seg teorien til VDC ble det i første omgang skrevet en litteratursøkerapport i forbindelse med prosjektoppgaven. Dette ga grunnleggende forståelse av fagfeltet og en oversikt over eksisterende forskning. Samtidig ble troverdige kilder skrevet av eksperter funnet, som startet undertegnede modningsprosess av tematikken.

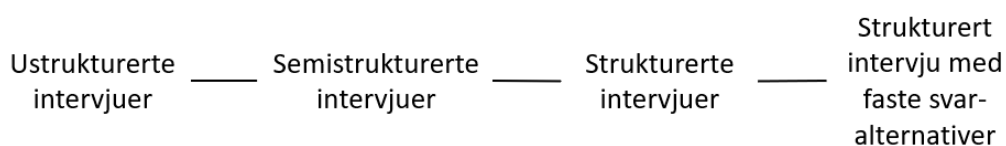
Som en del av utdanningsløpet ble det utført et forprosjekt som dannet det teoretiske grunnlaget for masteroppgaven, noe som kom godt med med tanke på masteroppgavens korte tidsperiode. I et litteratursøk er det mulig å benytte ulike søkedatabaser, filtrere og variere søkeord for å finne relevante og fagfelleverderte publikasjoner. Denne metodiske tilnærmingen skapte muligheten til å innhente gode kilder på en effektiv måte. Kvalitativt litteratursøk ble brukt fordi det er ansett som en egnet metode for å innhente nødvendig teori.

2.2.2 Kvalitative intervjuer

Kvalitative intervjuer er ifølge Johannessen, Tuft og Christoffersen (2019) den mest brukte metoden for å samle inn egne data på. Metoden karakteriseres som fleksibel og er godt egnet for å innhente detaljerte beskrivelser av forskningsfenomenet. Kvale og Brinkmann (2015) forklarer det kvalitative intervjuet som en samtale med formål og struktur og er velegnet for å studere meninger, holdninger og erfaringer. Metodikken er styrket av at samtalen øker forståelsen mellom menneskene og gir innblikk i intervjupersonens livsverden (verden sett gjennom intervjupersonens øyne) (Kvale & Brinkmann, 2015).

Metoden er godt egnet for å skape større frihet til å uttrykke seg, og gir intervjupersonen muligheten for en eksplisitt beskrivelse av erfaringer og oppfatninger knyttet til forskningsfenomenet. Intervjupersonen kan med egne ord gjengi situasjonen som refereres til og skreddersy forklaringen på hvordan erfaringen ble oppfattet når situasjonen foregikk. Ofte er erfaringer situasjonsbestemt og et intervju åpner for å dele komplekse nyanser slik at forskeren selv kan ta nytte av virkelighetsbilde til intervjupersonen (Johannessen mfl., 2019).

Gjennomføringen av kvalitative intervjuer kan variere i stor grad. Johannessen mfl. (2019) forklarer at kvalitative intervjuer spenner seg fra generaliserte og forhåndsdefinerte til mindre strukturerte. Figur 1 viser de forskjellige intervjugjennomføringene og forklaringene er oppsummert i påfølgende avsnitt.



Figur 1: Forskjellige intervjugjennomføringer (Johannessen. mfl., 2019)

Ustrukturerte intervjuer er ustrukturerte og bærer lite preg av formalitet. Spørsmål og rekkefølgen er ikke forhåndsbestemt, så det minner tidvis mer om enn samtale. Fordelen med et ustrukturert intervju er at en kan skape en atmosfære der forsker får detaljert innsyn i intervjupersonens livsverden. En ulempe er at intervjuer ubevisst kan styre eller påvirke svarene. Samtidig vil relasjonen mellom intervjupersonen og forsker påvirke hvordan informasjonen oppfattes (Johannessen mfl., 2019).

Når en gjennomfører *semistrukturerte intervjuer* foreligger det en overordnet intervjuguide med spørsmål, som ikke følges slavisk. Det gjør det mulig å vurdere hva som skal spørres om i forhold til samtalens utfolding (Johannessen mfl., 2019).

Strukturerte intervjuer bærer preg av formalitet i forskningen. Det er på forhånd lagd bestemte tema og spørsmål som følger en forhåndsbestemt rekkefølge. Spørsmålene skal være åpne, som styrker verdien av generaliserbarheten og gjør det lettere å gjenskape forskningen. I strukturerte intervjuer vil forskeren i mindre grad kunne prege hvordan intervjupersonen svarer, men de vil ha friheten til å bruke egne ord for å svare på spørsmålene.

I *strukturert intervju med faste svaralternativer* krysser intervjupersonen av for svar som forskeren har utformet. En slik generalisering gjør det mulig å analysere svarene fra flere intervjupersoner. Denne strukturen er spesielt nyttig i forskning med faste rammer, men med flere utfallsrom (Johannessen mfl., 2019).

Begrunnelse for dette valget

For å besvare på forskningsspørsmålene “Hvilke erfaringer har norske totalentreprenører med bruken av Virtual Design and Construction” og “Hvordan kan anvendelsen av Virtual Design and Construction bidra til å forbedre prosjekteringsprosessen i Consto Midt-Norge As?” ble kvalitative semistrukturerte intervju benyttet som primærmetode.

Kvalitative semistrukturerte intervjuer ble benyttet fordi det er godt egnet for å skaffe detaljert innsikt i forskningsfenomenet da det er basert på nøkkelpersoners erfaring og kunnskap. På den måten er det en egnet metode for å få oversikt over problemområdene og hvordan VDC-metodikkens implementering har hatt innvirkning på prosjekteringsprosessen.

Intervjuene var semistrukturerte da en slik gjennomføring tilrettelegger for å innhente data tilknyttet intervjupersonenes erfaring, opplevelser, meninger og holdninger. Ved å gjennomføre intervjuene på den måten fikk intervjupersonene muligheten til å påvirke hva som ble snakket om, og det ble naturlig å følge opp interessante emner nærmere. De kvalitative intervjuene bidro til å skape en oversikt over erfaringer knyttet til bruken av VDC. En av hensiktene var å avdekke hvordan norske totalentreprenører benytter rammeverket, for så å undersøke hvordan de tre problemområdene som er i fokus for oppgaven har blitt påvirket. For å få en troverdig sammenstilling var det fordelaktig å snakke direkte med aktører som jobbet med VDC og har tilknytning til prosjekteringsprosessen.

2.2.3 Kvalitativ dokumentanalyse

Johannessen mfl. (2019) forklarer at kvalitativ dokumentanalyse benyttes for å fremstille viktige sammenhenger og relevant innsikt og informasjon om forskningsfenomenet. Dokumentene kan ta forskjellig form, men felles er at de ikke er laget av forskeren. Ifølge Grønmo (2020) innebærer kvalitativ dokumentanalyse å systematisere utvalgt relevant materiale for å belyse spesifikke problemstillinger.

Kvalitativ dokumentanalyse er godt egnet for å få innsikt i meninger, argumenter, holdninger og verdier som viser seg sentrale for problemstillingen. Det er vanlig å benytte kvalitativ dokumentanalyse i kombinasjon med andre metoder, og ofte som sekundærmetode (Grønmo, 2020).

Begrunnelse for dette valget

Kvalitativ dokumentanalyse ble hovedsaklig brukt som en sekundærmetode for datainnsamlingen for forskningsspørsmålet “Hvilke erfaringer har norske totalentreprenører med bruken av Virtual Design and Construction” og som en supplerende metode for “Hvordan kan anvendelsen av Virtual Design and Construction bidra til å forbedre prosjekteringsprosessen i Consto Midt-Norge As?”.

Ettersom kvalitativ dokumentanalyse er velegnet for å innehente dyp innsikt i fortolkningen av en situasjon, var det naturlig å bruke denne metoden. Metoden ga dermed innsikt i hvordan norske totalentreprenører tolket VDC rammeverket og hvordan det ble brukt i praksis. I kombinasjon med kvalitative intervjuer fikk en tolkningene til intervjupersonene i form av dokumenter tilsendt i løpet av eller like etter intervjuet. Dokumentene ble tilsendt på intervjupersonens initiativ. Dokumentanalyse ble benyttet fordi det var naturlig å dele presentasjoner, rapporter og lignende i intervjuets forløp, og det er godt egnet for etterarbeid og fremstilling av funn.

2.3 Gjennomføring av metodevalg

I dette delkapittelet vil gjennomføringen av de forskjellige forskningsmetodene gjennomgås. Dette innebærer en beskrivelse av hvordan den kvalitative litteraturstudien, de kvalitative intervjuene og dokumentstudiene ble utført for å besvare oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål.

2.3.1 Litteraturstudie

Litteratursøkene har vært en gjennomgående prosess over lengre tid. I forbindelse med forprosjektet ble det utarbeidet en litteratursøkerapport som dannet grunnlaget for det teoretiske rammeverket. Tematikken ble videreført til masteroppgaven, men ved behov er det utført supplerende søk. I utgangspunktet har det kvalitative litteratursøket tatt for seg første

forskningsspørsmålet “Hva er Virtual Design and Construction?”. Som tidligere presentert er det to typer litteraturstudie, men det var litteratursøk som ble benyttet.

Kartlegging av vitenskapelige søkedatabaser ble valgt på bakgrunn av filtreringsmuligheter og tilgang på fagfelleverderte artikler. Dette gjorde det overkommelig å finne nøkkelpublikasjoner uten å måtte ta stilling til unødvendig mange søketreff. Relevante publikasjoner ble studert og systematisert og suksessivt dokumentert i en separat Excel-fil.

Databaser

De utvalgte vitenskapelige søkedatabasene har alle muligheten til å filtrere for fagfelleverderte publikasjoner som forsikrer kildens kvalitet og troverdighet (Svartdal, 2021). For å sikre at nøkkelpublikasjoner ble funnet og fagfeltet undersøkt tilstrekkelig, er de samme søkeordene brukt i flere databaser.

Nasjonalbibliotekets søkedatabase *Oria* inneholder faglitteratur, avhandlinger, tidsskrifter, masteroppgaver, bøker, rapporter med mer. *Oria* har tilgang på flere norske fag- og forskningsbibliotek, men også internasjonale elektroniske databaser (NTNU Universitetsbiblioteket, 2020). *Oria* er en oversiktlig database da søkeresultatene ikke gir alt for mange treff. Den begrensningen gjorde at *Oria* stort sett ble brukt for å finne publikasjoner oppdaget gjennom “snowballing” teknikken.

Science Direct og *Scopus* er verdensledende plattformer for fagfelleverdert litteratur. De har begge filtreringsmuligheter som gjør det oversiktlig og brukervennlig å bruke databasene (NTNU Universitetsbiblioteket, 2020). I likehet med de overnevnte databasenes ble også *Web of Science* benyttet. Fordelen med denne databasen er at den har høy *impact factor* som er en parameter på hvor mye kilden er sitert av andre forskere (UiO Universitetsbiblioteket, 2019).

Google Scholar er en akademisk versjon av Google og benytter anerkjente forlag og databaser ved innhenting av vitenskapelig litteratur, i tillegg er funksjonen “Cited by” en mulighet for å se hvor sentral publikasjonen er i forskningsfeltet (Søk og skriv, 2020). *Google Scholar* gir mange søketreff og ble derfor brukt til å kartlegge nye emner når det var nødvendig. Ulempe med *Google Scholar* er at søkeresultatene ikke krever at publikasjonen er merket med et DOI nummer (Digital Object Identifier), noe som kan anses som kildens “digitale personnummer” (Røkke & Kristiansen, 2020).

Sekundærdatabaser som *ASCE Library* (American Society of Civil Engineers), *Emerald Insight* og *Research Gate* er også benyttet i enkelte tilfeller. *ASCE Library* er byggebransjens egne forskningsdatabase og inneholder relevant forskning som økte kunnskapsoversikten. De sistnevnte er begge tverrfaglige publiseringskanaler som har bidratt til en økt forståelse og et bredere perspektiv. Avslutningsvis er Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford University benyttet for å fremskaffe store deler av forskningen på VDC. Martin Fischer og John Kunz er begge frontfigurer i utviklingen av VDC og deres forskning kan finnes der.

Søkeresultater og søketeknikker

En god søkestrategi øker kvaliteten på litteratursøket, og er avhengig av at ord og uttrykk benyttes godt (Brodshaug, u.d.). I løpet av forprosjektet ble det utarbeidet et Excel dokument som listet kildene og tilhørende informasjon eksempelvis søkeord, forfatter, relevans og egnethet.

For å ikke bruke unødvendig mye tid på å gå gjennom alle søketreffene er noen teknikker benyttet for å begrense og snevre inn funnene. I det relevante fagfeltet har det vært stor utvikling de siste årene. Derfor er mange av søkene gjennomført med en tidsbegrensning for å sikre at forskningen ikke er utgått. Tabell 2 presenterer søketreffene i forskjellige databaser, både med og uten gitte begrensninger. Begrensninger gjøres i søkefeltet ved å kombinere søkeord med boolske operatører. Anførselstegn benyttes for å søke ordrett, og kan benyttes i samtlige søkedatabaser.

Brodshaug (u.d.) presenterer bruken av “OG”, “ELLER” og “IKKE” for å begrense antall søketreff. Med en slik strategi kan en sikre at søketreffene eksempelvis omhandler både VDC og prosjekteringsprosessen. *Trunkering* er en annen strategi der innsettingen av et trunkeringstegn gjør at endelsen på et søkeord kan variere, eksempelvis søkeordet bygningsinformasjonsmodell* gir også treff på bygningsinformasjonsmodellering, bygningsinformasjonsmodeller og bygningsinformasjonsmodell.

Database/Søkeord	Oria	Scopus	Web of Science	Google Scholar	Google
"Virtual Design and Construction"	602	634	51	2 860	204 000
→ AND Design management	451	601	35	2 680	127 000
→ AND BIM	387	471	30	2 400	113 000
→ AND production	189	272	6	2 100	67 900
→ AND barriers	93	157	1	1 060	59 000
→ AND implement*	336	542	21	2 430	76 000
→ AND prosjektering*	13	5	-	116	1 610
Med begrensninger: Siste 5 år, søkeord med i tittel/sammendrag/nøkkelord					
"Virtual Design and Construction"	34	312	24	1 340	29 300
→ AND Design management	5	24	13	1 280	21 800
→ AND BIM	14	40	14	1 340	17 300
→ AND production	13	13	3	1 100	8 120
→ AND barriers	2	3	0	589	3 910
→ AND implement*	15	24	13	1 250	8 680
→ AND prosjektering*	2	-	-	65	1 610

Tabell 2: Søkeresultater fra forskjellige databaser

Ved innhenting av publikasjoner i litteratursøket ble en betydelig del av forskningen funnet ved hjelp av søketeknikken “snowballing”. Det viste seg nyttig da teknikken egnes for å finne relevant forskning, uten å miste kontrollen over utgivelsesår (Jalali & Wohlin, 2012).

Evaluerer av kilder

Tabell 2 presenterer søkeresultatene i forskjellige søkedatabaser. I noen av søkene var det nødvendig å sortere søkene for å sikre at nye og relevante publikasjoner ble funnet i littera-

tursøket. Der søkene ga flere enn 50 treff, ble det sortert etter antall siteringer. Dermed ble forskningen med størst *impact factor* vist først, når en tilsynelatende relevant publikasjon ble funnet ble følgende prioriteringer gjort:

Les overskrift → Les nøkkelord → Les sammendrag → Les konklusjon → les metode

Etter enkel granskning ble det vurdert om forskningen var relevant. Neste steg var å vurdere kilden etter TONE-prinsippet. TONE er ifølge Overland (2018) et akronym for troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet. Ved å evaluere en kilde etter TONE-prinsippet skapes det grunnlag for å vurdere om kilden kan benyttes videre i prosessen (Overland, 2018). Tabell 3 beskriver de forskjellige faktorene og hva som er viktig å være kritisk på.

Troverdighet	Indikasjon på hvorvidt kilden kan anses som ærlig, sikker og pålitelig. Hvem er forfatteren, avsenderen og det vitenskapelige utgiveren er viktige spørsmål å spørre. Troverdigheten til kilden vil betraktes som høyere ved at den er fagfellevurdert.
Objektivitet	Forteller om kilden er nøytral. Prøver forfatteren å overbevise eller endre synspunktet til leseren? Forfatterens intensjon skal vurderes, hvis forfatteren har utelatt synspunkter skaper det avstand fra objektiv forskning.
Nøyaktighet	Dreier som om hvor presis og nøyaktig en kilde er. Dårlig språk med slurv og skrivefeil skal vurderes i denne faktoren. Hvorvidt forfatteren har en godt utarbeidet referanseliste vil også evalueres.
Egnethet	Dette handler om hvor relevant kilden er for din forskning. Bidrar kilden til å besvare problemstillingen eller forskningsspørsmål kan den regnes som godt egnet.

Tabell 3: TONE-prinsippet (Overland, 2018)

Behandling av funn

Forprosjektet og den tilhørende kvalitative litteratursøker rapporten utgjorde en grundig analyse av eksisterende forskning innenfor fagfeltet. Relevante og troverdige kilder ble nedskrevet i en Excel-fil. Dataen ble dermed kartlagt og systematisert slik at behandlingen ble kontrollert og brukervennlig når datamengden ble stor. Dokumentet er således søkbart noe som øker brukervennligheten ytterligere. Hvordan dataen ble behandlet har vært avgjørende for å strukturere det teoretiske grunnlaget i studien.

Forskningsresultatene innhentet gjennom denne metoden hadde hovedsaklig to hensikter. Først for å danne et kunnskapsgrunnlag av tematikken for å forstå det som skulle forskes på. Uten denne tilnærmingen ville det vært krevende å avdekke kunnskapshull i fagfeltet. For det andre er resultater innhentet fra litteraturen nyttig for å diskutere med faglig tyngde. Resultatene som danner rom for diskusjon skal kunne spores tilbake slik at forskningen kan anses som troverdig (Overland, 2018).

2.3.2 Kvalitative intervjuer

Kvalitative semistrukturerte intervjuer var primærmetoden ved innhenting av data for to av forsikringsspørsmålene. Hvordan utvelgelsen av intervjupersoner, oppbygging av intervju-

guide og gjennomføring av intervju blir presenter her. Det vil også foreligge en identifisering av eventuelle feilkilder, fordommer og førforståelse.

Utvelgelse

Valg av intervjupersoner er kritisk for enhver kvalitativ forskningsstudie som innhenter data gjennom intervjuer. Hensikten med forskningen er å svare på en problemstilling. Derfor er det nødvendig å finne personer med relevant erfaring og kunnskap. Valget av intervjupersoner er avhengig av forskningsmetode. Dalland (2020) legger frem *strategiske valg* og *tilfeldige valg* som to måter å velge intervjupersoner på.

To av forskningsspørsmålene besvares basert på denne metoden, som gjorde det nødvendig å foreta to intervjurunder. I begge rundene ble *strategiske valg* benyttet for å sikre riktig kompetanse og erfaring. Det ble det utviklet noen kriterier avhengig av hvilke forskningsspørsmål som skulle besvares.

For forskningsspørsmålet “Hvilke erfaringer har norske totalentreprenører med bruken av Virtual Design and Construction?”, ble følgende kriterier vurdert:

- Intervjupersonen har VDC kompetanse.
- Intervjupersonen har god kjennskap til prosjekteringsprosessen som totalentreprenør.
- Intervjupersonen har erfaring knyttet til VDC.

For forskningsspørsmålet “Hvordan kan anvendelsen av Virtual Design and Construction bidra til å forbedre prosjekteringsprosessen i Consto Midt-Norge AS?”, ble følgende kriterier vurdert:

- Intervjupersonen tar VDC sertifiseringskurs.
- Intervjupersonen er tilknyttet prosjekteringsprosessen i Consto Midt-Norge AS

I lys av disse kriteriene ble personer med VDC-Manager rollen kontaktet i første intervjurunde. Forskningsspørsmålet rettet mot Consto Midt-Norge AS krevde en annen tilnærming da kontakt med bedriften allerede var etablert. Dermed gjaldt det å benytte kontaktpersonene for å innhente meninger, erfaringer og følelser rundt VDC implementeringen. Det ble informert om at det skrives notater under intervjuet som sendes til intervjupersonen for verifisering og godkjenning i etterkant av utført intervju.

Intervjuguide

I metodeutviklingen ble det undersøkt forskjellige metoder å innhente data på. Det viste seg at semistrukturerte intervju var godt egnet til formålet. Som en forberedelse på intervjuene ble det utformet en intervjuguide som baserte seg på oppgavens problemstilling og tilhørende forskningsspørsmål. I bilaget finnes den generelle oversikten som ble sendt til intervjupersonen, samt intervjuguiden som ble benyttet under intervjuene.

Intervjuguiden er todelt og er ment å besvare to forskningsspørsmål som krevde hver sin intervjugruppe. Felles for begge intervjuguidene er at den inneholder generell informasjon angående oppgavens utforming samt tematikken og tiltenkte spørsmål som kan være interessante å undersøke. Den generelle informasjonen ble brukt ved utvelgelsen av intervjupersonen for å gi en viss forforståelse av oppgavens problemstilling. Det ble fokusert på at intervjuene ikke skulle bære preg av å følge intervjuguiden slavisk, men brukes for å føre samtalen videre når det var nødvendig.

Intervjuopersonene

Johan Hessen mfl. (2019) påpeker at det er stort språk av hva som regnes som *nok* intervjupersoner. Det argumenteres derimot at det er viktigere å finne *relevante* intervjupersoner fremfor mange. 10-15 intervjuobjekter blir brukt som et eksempel for mindre prosjekter, men understreker at det kan være nødvendig å begrense ytterligere avhengig av tid og økonomi (Johannessen. mfl., 2019).

Ved innhenting av kvalitativ data for denne studien ble det gjennomført ti intervjuer av ni personer i perioden 3. mars til 24. mars. Intervjuopersonene er representanter fra sju forskjellige bedrifter i byggebransjen, og deres tilhørighet og stilling presenteres i tabell 4.

Navn	Bedrift	Stilling
Roar Fosse	Statsbygg	Avdelingsdirektør, Prosjektsenter (BPS)
Vegard Knotten	Veidekke	Fagansvarlig BIM og prosjekteringsledelse
Øyvind Børstad	HENT	Manager Development VDC
Thomas Haneborg	Metier OEC	Senior Consultant
Johnny Rimstad Sætre	Veni	VDC Manager
Sebastiano Lombardo	Maffei Engineering	Regional Managing Director
Andreas Haug	Consto Midt-Norge	Prosjekteringsleder
Gro Nordengen Lohn	Consto Midt-Norge	Fagansvarlig, Prosjekteringsleder
Trond-Ketil Rotvik	Consto Midt-Norge	ITB koordinator

Tabell 4: Intervjuopersonene

De ti intervjuene varte i gjennomsnitt 64 minutter og varierte mellom 45 og 88 minutter. Intervjuopersonene har forskjellig utdanning og erfaringsbakgrunn, men de fleste har minimum en bachelorgrad. Blant intervjuopersonene er det også personer utdannet med doktorgrad. Til sammen har intervjuopersonene 139 år med arbeidserfaring, som varierte mellom 7 og 25 år. Alle intervjuene er gjennomført på Microsoft Teams, grunnet restriksjoner og anbefalinger rundt smittesituasjonen av Covid-19.

Gjennomføring av intervju

Dalland (2020) anbefaler å følge en viss struktur på gjennomføringen for å sikre god flyt. Før en begynner å grave i de spørsmålene som er mest innviklet og kanskje mest interessante å få svar på, kan en bygge det stegvis opp fra en uformell prat til avsluttende spørsmål (Dalland, 2020).

Intervjuene ble strukturert og gjennomført som semistrukturerte intervjuer. Spørsmålene og tematikken ble diskutert, men oppfølgingsspørsmålene kom naturlig i forhold til svarene intervjupersonene ga. Det ble derfor stilt forskjellige oppfølgingsspørsmål i intervjuene som en reaksjon på å grave i interessante emner som ble tatt. Før intervjuet ble avsluttet ble det forsikret om at alle temaene og de viktigste spørsmålene hadde blitt snakket om. I starten ble intervjupersonen informert om at det blir tatt notater som ettersendes for godkjenning. Samtlige ble spurt om at navn og bedrift kunne bli brukt i studien for å gi en viss tyngde i forskningen.

Ettersom tematikken er bred og intervjupersonene har betydelig kompetanse og erfaring er det ikke naturlig at en får gått i dybden i alt. Det ble derfor forespurt om kontakt i etterkant for å utfylle kunnskapshull hvis nødvendig.

Feilkilder

Når en benytter seg selv som instrument i forskning er det kritisk å være bevisst på hva det betyr for forskningen (Dalland, 2020). Tematikken i studien er nøye valgt grunnet interesse og en bringer derfor med seg en førforståelse og tolkning av teori som påvirker studien. En feilkilde kan derfor være at egen førforståelse gjør at intervjuene ikke fører til at intervjupersonen får fremlagt sine meninger og erfaringer slik at undertegnede forstår det i ønsket setting.

En annen feilkilde er at intervjuene ble gjennomført digitalt. Det ligger mye informasjon i ansiktsuttrykk og kroppspråk som kan være krevende å fange opp gjennom en skjerm. Dette i kombinasjon med notatskriving kan gjøre at inntrykk ikke blir fanget opp i tilstrekkelig grad.

Fordommer og førforståelse

Dalland (2020) forklarer fordommer og førforståelse, og understreker viktigheten av å være klar over at disse påvirker forskningen. Fordommer er meninger en har fra før og som tas med inn i forskningen. Førforståelse dreier seg mer om hvor forutsetningsløst en møter forskningsfenomenet. Det påpekes at det er viktig å innse at en har tanker om fenomenet som er med på å påvirke forskningen (Dalland, 2020). Som intervjuer er en i posisjon til å påvirke hva intervjupersonen sier avhengig av oppførsel og egen personlighet. Som instrument i egen forskning er det dermed viktig å forstå at formuleringer, teoretisk tilnærminger og erfaringer påvirker intervjupersonen.

2.3.3 Kvalitativ dokumentanalyse

Kvalitativ dokumentanalyse ble brukt i kombinasjon med kvalitative intervjuer ved besvarel- sen av forskningsspørsmål to og tre. Metoden har vært sentral ved innhenting av data frem- vist av intervjupersonene. Blant dokumentene er det PowerPoint-presentasjoner, status- og implementeringsrapporter, maler og veiledere for intern forankring av beste praksis og til- nærming til VDC.

Dokumentene ble benyttet for å supplere og utdype resultater og ble på intervjupersonens initiativ benyttet under intervjuene. Relevant innsikt ble dokumentert skriftlig for å gjøre det tilgjengelig for bruk i studien.

2.4 Dataanalyse

Her forklares det som ble gjort for å analysere innsamlet data for de forskjellige forsknings- spørsmålene.

2.4.1 Analyse av kvalitativt litteratursøk

Etter en grundig gjennomgang av tematikkens eksisterende litteratur ble relevante funn ana- lysert og systematisert i en Excel-fil. Filen har vært sentral i håndteringen av funnene som er gjort og vært fundamental i kartleggingen før skrivestart. Filen deler opp publikasjonene og inkluderer det som er relevant i forhold til teorikapittelet. Excel-filen er søkbar som gjør det lett å fremkalle informasjon basert på spesifikke søkeord. Analysing av Excel-filen ble gjort i forkant av teoridelen for å sikre et strukturert og organisert kapittel.

Forskningsfunnene fra det kvalitative litteratursøket ble hovedsakelig benyttet for å danne et sterkt teoretisk grunnlag. I tillegg var analysen sentral for å avdekke kunnskapshull i forsk- ningsområdet og bidro til å spisse oppgaven i retningen prosjekteringsprosessen. De tre pro- blemområdene hadde ikke latt seg identifisere uten denne analysingen og systematiserin- gen.

2.4.2 Analyse av kvalitative intervjuer

For å analysere de kvalitative intervjuene var det først nødvendig å få essensen i intervju- et skrevet ned og verifisert av intervjupersonen. I løpet av intervjuene ble det derfor skre- vet notater som ble fylt ut mer etter endt intervju, som ble ettersendt for kommentering og godkjenning. Da justeringene var gjort og notatene var ferdigstilt begynte organiseringen og analysingen av funnene.

Funnene ble kategorisert i en separat Word-fil basert på innholdet. Kategoriseringen ble gjort i to omganger grunnet endring av avgrensninger i studien. I første runde ble funnene kate- gorisert i følgende underkategorier; overordnet om VDC, BIM, MMI, ICE, PPM, målinger, prosjekteringsleder rollen, endringskultur og grensesnitt. Analysingen gikk dermed ut på å

systematisere funnene basert på underkategoriene og bruke helhetsbilde til å danne oversikt over bransjens erfaring og Constos implementeringsplan. Etter avgrensningen i studien ble justert, ble underkategoriene endret til; tverrfaglig kommunikasjon, beslutningstaging og ufullstendig prosjektering.

2.4.3 Analyse av kvalitativ dokumentstudie

De kvalitative dokumentstudiene ble samlet inn under begge rundene med intervjuer. I første runde med intervjuer var personer plukket ut på bakgrunn av deres VDC kompetanse og erfaring. Dokumenter som ble benyttet av intervjupersonen til å forklare og vise informasjon for å svare på spørsmålene ble ettersendt for videre undersøkelse. I andre runde med intervjuer ble VDC kursdeltagerne i Consto intervjuet. Der kom det frem at de skulle skrive individuelle månedsrapporter som en del av sin VDC sertifisering. Rapportene inneholdt implementeringsplan og målinger knyttet til BIM, ICE og PPM.

Analysen av disse to kvalitative dokumentstudiene ble slått sammen i Word-filen som ble benyttet til analysing av de kvalitative intervjuene. Dokumentene ble benyttet for å supplere og utfylle essensielle kommentarer og utsagn intervjupersonene hadde. Ettersendte månedsrapporter ble analysert på lignende vis, men hadde mer fokus på tall, måloppnåelse og overordnede tanker og mål med VDC implementeringen.

2.5 Reliabilitet og validitet

Masteroppgaven benyttet tre forskjellige kvalitative metoder for å undersøke og finne resultatene til forskningsspørsmålene. I dette delkapittelet vil reliabiliteten og validiteten vurderes.

Det første forskningsspørsmålet har som hensikt å belyse det teoretiske grunnlaget til VDC. For å gjøre det ble en kvalitativ litteraturstudie benyttet. I forhold til reliabiliteten er det forsøkt å gi en grundig forklaring på hvordan resultatene er funnet. Metoden og systematikken for å finne resultatene er forklart stegvis i delkapittel 2.3.1 under overskriften "Evaluering av kilder". Validiteten vurderes i en kvalitativ litteraturstudie etter hvorvidt funnene reflekterer virkeligheten (Dalland, 2020). Litteratursøket endte med å finne litteratur fra hele verden. Ved besvarelsen av forskningsspørsmål to og tre ble det gjennomført ti kvalitative intervjuer samt en kvalitativ dokumentanalyse. Intervjupersonene representerer sju bedrifter, alle med tilknytning eller kunnskap om prosjekteringsprosessen i norske totalentrepriser. De to metodene supplerte hverandre og gjorde det enkelt å sammenligne erfaringer på et bredt spekter. Samtidig som flere perspektiver ble fremlagt ble også bredden av erfaringene større. Dokumentstudiet var en ekstra kvalitetssikring for begge rundene med intervjuer.

For å kunne presentere pålitelige resultatet er det forsøkt å beskrive fremgangsmåten til metodene på en detaljert måte. Dette i håp om å gi leseren en oversikt over vurderingene som

ble tatt i forbindelse med datainnsamling og analyseringen. Resultatkapittelet legger frem funnene som de forskjellige metodene førte til, som gir leseren oversikt over prosessen.

For å forsikre at utvalgte metoder gjelder for norske totalentrepriser ble det etablert kriterier som sikret nødvendig tilhørighet. Dette for å sikre at forskningen er overførbar til andre bedrifter i byggenæringen. Det er likevel et relativt lite utvalg, samt et utvalg basert på forfatterens forkunnskaper om intervjupersonenes kunnskap om VDC. For å sikre en overførbarhet er det innhentet data fra Consto som er i tidligstadiet av VDC implementeringen, som øker representasjonen av byggenæringen.

3 Teoretisk bakgrunn

Dette kapittelet legger frem nødvendig teori i emnene byggeprosess, prosjekteringsprosess, tverrfaglig kommunikasjon, beslutningstagning og ufullstendig prosjektering.

3.1 Byggeprosessen

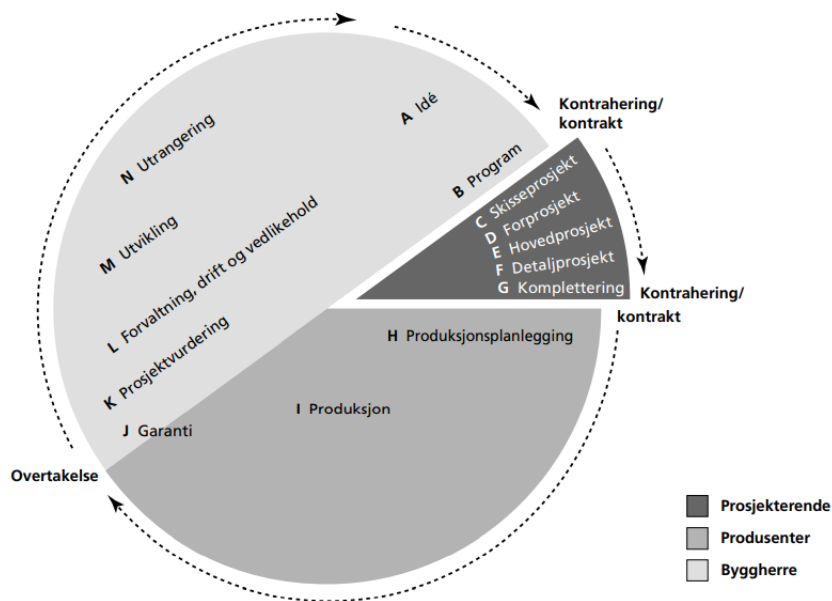
For å forstå prosjekteringsprosessen i sin helhet, påpeker Østby-Deglum, Svalestuen og Dreveland (2013) at det er viktig med god forkunnskap om byggeprosessen. Det vil i dette delkapittelet derfor fremlegges relevant informasjon om byggeprosessen generelt.

3.1.1 Prosjekt

Definisjonen av prosjekt er varierende. Innovasjon Norge definerer et prosjekt som *“en tidsavgrenset oppgave med en definert målsetting, avtalt budsjetttramme og ressursbruk. For hvert prosjekt opprettes en prosjektorganisasjon som er ansvarlig for prosjektets gjennomføring og leveranser”* (Innovasjon Norge, 2015). Samset (2000) har benyttet definisjonen fra Project Management Institute, som sier *“a project is a temporary endeavour undertaken to create a unique product or service”*. Uavhengig av definisjon, er prosjekter unike og tilsynelatende uavhengige av hverandre som betyr at produktutviklings- og prosjekteringskostnadene ikke kan fordeles på flere prosjekter, men er tilknyttet kun ett produkt eller tjeneste (Westgaard, Arge og Moe, 2009).

3.1.2 Byggeprosessen

Figur 2 tar for seg livssyklusen til bygget fra idéfasen til utrangering. I første øyekast ser det ut som byggeprosessen er en lineær prosess med sekvensielle aktiviteter, men dette er ikke tilfellet i praksis (Meland, 2000). I likhet med delprosessene foregår fasene også til en viss grad parallelt og det er ofte nødvendig å veksle mellom aktivitetene i programfasen og skissefasen. Det påpekes spesielt at delfasene A-H i figur 2 virker noe mer iterativt enn fremstilt. Videre kan det eksempelvis foregå detaljprosjekteringen simultant med produksjonsfasen blant annet for å spare tid og påse at riktig informasjon er brukt for beslutningene som tas tett opp mot utførelsen (Østby-Deglum mfl., 2013).



Figur 2: Illustrasjon på byggeprosessen faser (Meland, 2000)

Byggverk består av flere bygningsdeler, delfasene E-H i figur 2 består av et sett med overliggende deler som er uavhengig av hverandre, og som representerer de enkelte bygningsdelene. Typisk kan første del omhandle grunnarbeid, andre del fundament, og så videre. Bygningsdelene må alle gjennom delfasene F og G før den tilpasses rekkefølgen i produksjonen. I delfasene B-G bestemmes produktets egenskaper, der tradisjonelle metoder har resultert i en visuell versjon av bygget i form av tegninger, beskrivelser, modeller i tre, gips eller liknende. I dag har slike prosjektbeskrivelser blitt byttet ut med digitale modeller, eksempelvis CAD (eng: Computer Aided Design) eller en bygningsinformasjonsmodell (BIM) (Meland, 2000).

Grunnen til at Meland (2000) sin fremstilling av byggeprosessen inneholder faser også etter at bygget står ferdig, kan forklares med levetidsbegrepet. Bygget blir i større grad vurdert ut fra total netto fortjeneste, kontra byggekostnad. Derfor er det mer lukrativt å bygge bygg som ivaretar byggherres behov om å spare penger, samtidig som leverandører får objektive mål å konkurrere mot i anbudsfasen. Det kan virke unødvendig å evaluere mulig utrangering allerede i produktutviklingen, men dette fokuset skal gagne miljøet på sikt. Finner slike vurderinger sted allerede før bygget er reist, kan løsninger evalueres på bakgrunn av økonomiske gevinster på sikt (Meland, 2000).

I Bygg21 kommer det frem flere problemområder som byggenæringen står ovenfor. På deres nettsider står det at *“selv om det er gjort en innsats for å bedre situasjonen i norsk byggenæring, forekommer det fortsatt byggefeil, kostnadsoverskridelser, prosjekter som ikke blir gjennomført på tiden og prosjekter som ikke i stor nok grad tilfredsstiller sluttbrukers behov”* (Bygg21, 2019).

3.2 Prosjekteringsprosessen

Prosjekteringsledelsen og prosjekteringsgruppen har stor innvirkning på byggeprosessen. Derfor presenteres en innføring i prosjekteringsprosessen for å gi nødvendig forkunnskaper om prosessen og hva den tilfører prosjektet i helhet.

3.2.1 Prosjekteringsgruppen

Den prosjekterendes rolle vil variere basert på prosjektets utforming. Meland (2000) forklarer at prosjekteringsgruppen som oftest består av tre hovedinndelinger. *Arkitekt* er hovedsakelig ansvarlig for byggets komponenter, spesielt opp mot det estetiske. Arkitekten er en viktig rolle som skaper basisen for arbeidsomfanget og prosjektets totale påvirkning på nærmiljøet. Neste store hovedaktør defineres som *rådgivende ingeniører*, som har ekspertise i forskjellige fag og er med på å prege prosjektet basert på det. *Prosjekteringsleder* leder prosjekteringsgruppen og melder til prosjektleder. Rollens ansvar ligger i å samordne de rådgivende ingeniørene og arkitektene.

Meland (2000) hevder at prosjekteringsorganisasjonen er ansvarlig for utviklingen av det immaterielle produktet som produksjonen og videreutviklingen baser seg på. Produktet prosjekteringsorganisasjonen samler sammen er et sammensatt sett av løsninger utformet av arkitekter og rådgivere.

3.2.2 Prosjekteringsprosessen

Ifølge Direktoratet for byggkvalitet [DiBK] (2021) er prosjektering definert som *“en teknisk planlegging av hvordan det ferdige tiltaket skal være. I prosjekteringsprosessen skal alle krav i plan- og bygningsloven, herunder byggteknisk forskrift, ivaretas”* (DiBK, 2021). Felles i samtlige prosjekter er viktigheten av planlegging. Westgaard mfl. (2009) hevder at prosjektering innebærer de som er ansvarlig for utformingen av tegninger og beskrivelser som danner produksjonsunderlaget. I henhold til DiBK sin definisjon er det også viktig at bygget blir reist i tråd med lover og forskrifter, men også at det imøtekommer kundens behov (Codex Advokat og Entrepriserettsadvokater.no, 2020). Prosjektering i byggenæringen kan være krevende og flere utfordringer må imøtekommes. En av hovedutfordringene er at prosjekteringen består av komplekse og tverrfaglige gjensidige aktiviteter og prosesser som er avhengig av hverandre for å opprettholde fremdrift. Dermed vil usikkerheten fra en disiplin påvirke påfølgende aktiviteter.

3.2.3 Faser i prosjekteringsprosessen

Hovedoppgaven i prosjekteringsprosessen er å ivareta både byggherres og sluttbrukernes interesser. Dette betyr at prosjekteringsleder har stor innvirkning på prosjektets utforming og gjennomføring. I rapporten til Westgaard mfl. (2009) til byggekostnadsprogrammet deles

prosjekteringen inn i skisseprosjektering, forprosjektering, detaljprosjektering og produksjonsprosjektering, der alle underfasene har spesifikke fokusområder avhengig av hvilken fase prosjektet er i.

Skisseprosjektering

Alle prosjekter begynner som en idé i initialfasen. Denne fasen innebærer hovedanalyser, valg av gjennomføringsmodell og kontraheringen av sentrale arkitekter og rådgivere. I skisseprosjekteringen skal idéen videreføres til valg av et fysisk og funksjonelt konsept. Innovative og kreative løsninger har størst sannsynlighet for å bli vurdert i denne fasen, da ingen avklaringer er tatt på dette stadiet. Skisseprosjekteringen avsluttes med en forhåndskonferanse med kommunen når byggherre og brukerne er tilfreds med definerte mål og rammer. Direktoratet for forvaltning og økonomistyring (DFØ) forklarer at skisseprosjekteringen skal resultere i en *“konkretisering og verifisering av krav og behov i prosjektet, som grunnlag for endelig beslutning om investering med kostnadskalkyle, skissert løsning for byggemetode, tekniske føringer og finansieringsplan”* (DFØ, 2020).

Forprosjektering

I forprosjekteringsfasen gjelder mye av det samme som i skisseprosjekteringsfasen, men det skal i tillegg velges fysisk struktur. Dermed blir det viktig å utforme en modell som funksjonelt, estetisk, teknologisk og økonomisk sett tilfredsstillende byggherres mål og krav (Westgaard mfl., 2009). I forprosjekteringsfasen skal det også utarbeides et kostnadsoverslag for den valgte strukturen, helt ned på romnivå. Kontroll av løsninger gjennomføres før innsendelse om godkjenning om rammetillatelse. Westgaard mfl. (2009) påpeker at forprosjekteringsfasen krever godt samarbeid mellom arkitekten og de rådgivende ingeniørene for at utviklingen av prosjektet, koordineringen og sammenstillingen av forprosjektmaterialer skal være tilstrekkelig utformet.

Detaljprosjektering

I detaljprosjekteringsfasen er målet at tegninger og beskrivelser er såpass detaljerte at søknad om igangsettelse i neste ledd kan godkjennes. Fra forrige fase skal det her i tillegg fremkomme valg av løsninger. Hvis søknaden godkjennes er prosjektet klart for produksjon (DFØ, 2020). Ifølge Westgaard mfl. (2009) kan ikke detaljprosjekteringsfasen avsluttes før det eksisterer kostnadsoversikt, mengdeberegninger, valg av tekniske løsninger og materialer.

Alle fag og disipliner skal også kunne fremme sine løsninger før avklaringer tas. DFØ (2020) forklarer at ansvaret for denne fasen avhenger noe av gjennomføringsmodell. I en totalentreprise vil det være totalentreprenøren som står ansvarlig for detaljeringsprosjektering, mens byggherre vil være ansvarlig i de byggherrestyrte prosjektene. Målet er at detaljprosjekteringen skal kunne brukes til å danne et grunnlag for innsendelsen av tilbud (DFØ, 2020). På bakgrunn av detaljprosjekteringen skal en kunne utarbeide komplette tilbud slik at byggesaken ikke krever ytterligere avklaringer (Westgaard mfl., 2009).

Produksjonsprosjektering

Videreføringen fra forrige prosjekteringsledd tilsier at denne fasen skal utgjøre valg av produkter. I denne fasen kan leverandørene selv prosjektere sine løsninger slik at de passer inn i prosjektets helhet. Dette kan kalles omprosjektering og for å være sikre på at løsningene passer inn i bygget og opprettholder myndighetenes krav skal prosjekteringen godkjennes av prosjekteringsgruppen (Westgaard mfl., 2009). Ifølge Østby-Deglum mfl. (2013) er det her søknad om igangsetting foreligger.

3.3 Tverrfaglig kommunikasjon

«Kommunikasjon er prosjektarbeidets smøresystem. Et slikt smøresystem må fungere etter noen prinsipper og det må avsettes tid og ressurser for at dette skal fungere. [...] Klarhet er viktig i god kommunikasjon.» — (Meland, 2000)

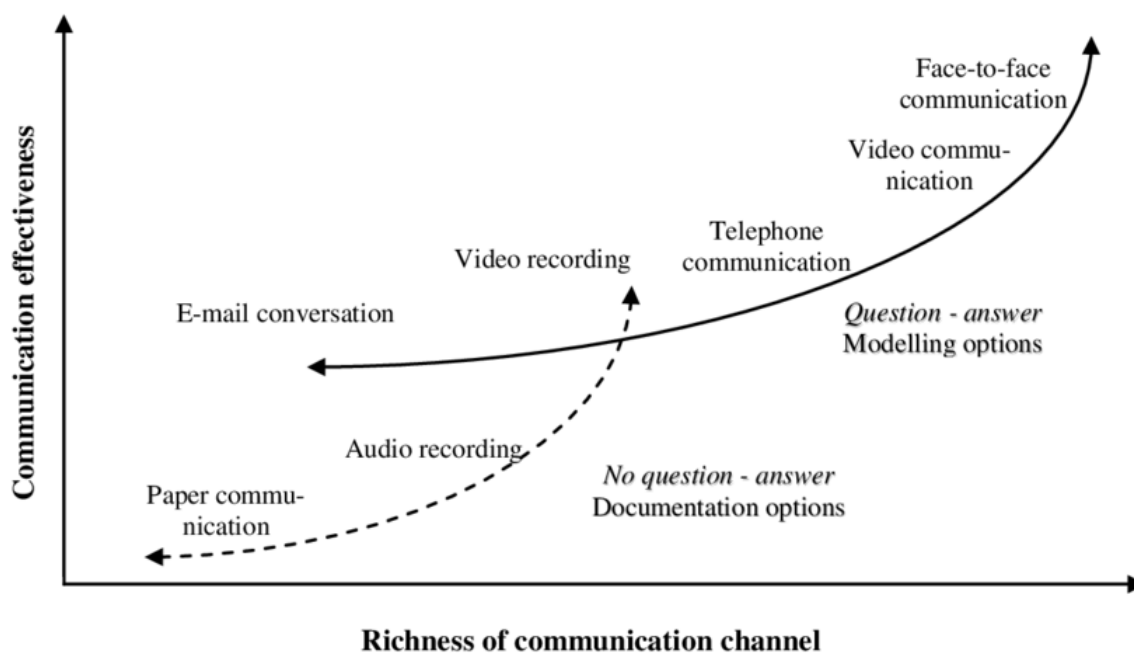
Østby-Deglum mfl. (2013) hevder at i byggeprosessen vil de såkalte smøresystemene være individer, organisasjoner, aktører og roller, prosesser, modeller, rapporter, kontrakter og arbeidsoppgaver. Herunder gjelder altså både de prosesser som resulterer i immaterielle og materielle produkter. En suksessfull kommunikasjonsprosess er herved en sentral og kritisk faktor i å oppnå suksessfulle prosjekter (Østby-Deglum mfl., 2013).

I teorien deles det opp i to forskjellige typer kommunikasjon. *Synkron kommunikasjon* er kommunikasjon mellom mennesker som foregår i samme tid. Altså ansikt til ansikt, telefon eller videokonferanser er eksempler på synkron kommunikasjon. *Asynkron kommunikasjon* er definert som kommunikasjon mellom mennesker som ikke foregår på samme tid. E-post og prosjekthotell er eksempler, altså der meldinger kan besvares på et senere tidspunkt (Østby-Deglum mfl., 2013).

Meland (2000) legger frem fem sentrale elementer ved håndtering av kommunikasjon og informasjon.

- Etablering av effektive, formelle kommunikasjonskanaler
- Stimulering av gode, uformelle informasjonskanaler
- Effektiv informasjonslogistikk: søke, overføre, bearbeide/prosessere, lagre og videreformidle informasjon fra opphavskilde til sluttbrukere. Et godt dokumenthåndterings-system er sentralt i informasjonslogistikken.
- Fruktbar dialog: en toveis kommunikasjon der både å motta og å gi informasjon og synspunkter, informasjonsutveksling, står sentralt.
- Rask og klar tilbakemelding

Østby-Deglum mfl. (2013) påpeker dermed viktigheten av å forstå hvor viktig kommunikasjon er, og at kommunikasjonssvikt skjer. Kommunikasjonssvikt er enten mangel på kommunikasjon eller at budskaper ikke blir fremstilt for mottaker som tiltenkt (Østby-Deglum mfl., 2013).



Figur 3: Effektiviteten til forskjellige typer kommunikasjon, hentet fra (Svalestuen mfl., 2017)

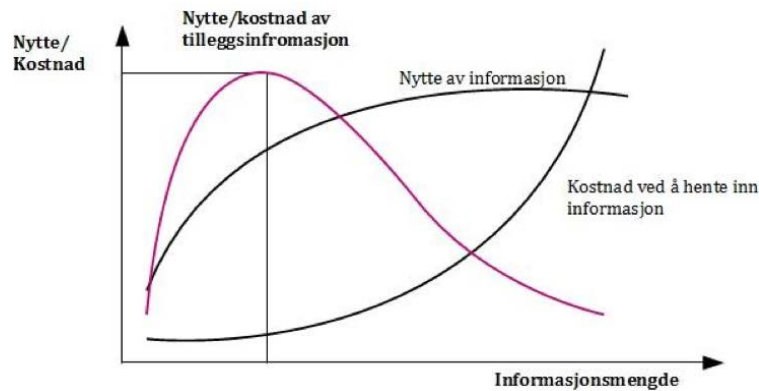
Figur 3 viser hvor effektiv forskjellige typer kommunikasjon er. Dette er viktig å forstå for å se verdien av god kommunikasjon. God kommunikasjon tyder på at mottaker og sender deler virkelighet, og høyresiden av figur 3 har størst sannsynlighet for å oppnå dette. Dette er viktig da en rekke aktiviteter i prosjekteringsprosessen kan sammenlignes med spørsmålet; hva kom først, høna eller egget? Hvis en ikke kommuniserer tilstrekkelig kan en risikere å ende i en venteloop, selv uten at det er klart for partene (Østby-Deglum mfl., 2013).

Østby-Deglum mfl. (2013) legger frem to hovedtilnærminger av organiseringen av kommunikasjon. I tilnærmingen som har fått navnet “nav-nettverk” går all kommunikasjon gjennom én person. Denne personen i en prosjekteringsprosess vil typisk være prosjekteringslederen. I den andre tilnærmingen, “stjerne” kommuniserer alle med hverandre. I et stjernenettverk øker kommunikasjonsgrensesnittene betraktelig, og det anbefales å ikke overgå sju personer i et slikt nettverk da koordineringsbehovet vil bli for stort (Østby-Deglum mfl., 2013).

For å maksimere verdien av informasjonen er det kritisk å forstå hva god informasjonsflyt innebærer. Det er en lang rekke med aktører, fag, rådgivere, arkitekter, myndigheter, interne og eksterne samarbeidspartnere i prosjektet som er avhengig av informasjon. Østby-Deglum mfl. (2013) legger frem seks forhold en må ta til betraktning: klarhet og kortfattetethet, nøyaktighet, konsekvens, unngå repetisjon, overflødighet og kontroll. Prosjekteringsprosessen i dag benytter gjerne digitale prosjektstyringsverktøy i håp om å oppnå god kommunikasjonsflyt i tråd med de overnevnte forholdene.

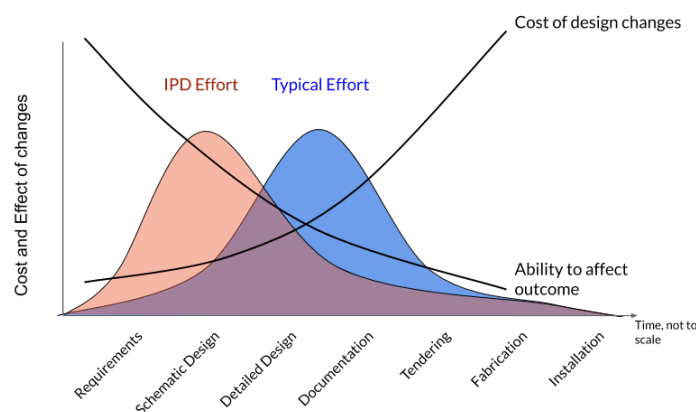
3.3.1 Kostnad på informasjon

God kommunikasjon og formidling av informasjon er viktig av flere grunner. Samset (2000) hevder at med tiden vil både kostnaden av informasjon øke og fordelene av å ha informasjonen redusere. Figur 4 fremstiller påstanden til Samset (2000) der det fremkommer at informasjonstilgangen er lav i starten av prosjektet, samtidig som endringer er billigst. I den forbindelse presenterer figur 4 at nyttekostnaden av informasjonen er størst i den fasen informasjonsmengden er lavest (Samset, 2000).



Figur 4: Kost/informasjon ratio og kvalitet av informasjon (Samset, 2000)

I forhold til tidlig involvering og økt kommunikasjon i tidligfase har MacLeamy utarbeidet en kurve vist i figur 5. Figuren forklares ved at å gjennomføre prosjekter på tradisjonelt vis, vil kostnader for endringer bli eksponentielt dyrere. Ved å kommunisere og involvere tidligere vil en dermed kunne minimere kostnader og omkamper ved at disiplinene tidligere kan fremme sine behov (Knotten, 2017).



Figur 5: MacLeamys-kurve presentert av (Davis, 2013)

Samset (2000) hevder at generelt sett vil økt nøyaktighet av informasjon, øke prisen av den. Figur 5 fremstiller grunnlaget for at prosjekteringen er mer fordelaktig å gjennomføre som samprosjektering (IPD-Effort i figur 5) enn på tradisjonelt (Typical Effort) vis. I en tid hvor det er større påvirkningskraft vil BIM tilrettelegge for bedre kommunikasjon og tilsynelatende økt byggbarhet og funksjonalitet. Teoretisk sett vil dette føre til et produksjonsgrunnlag av høyere kvalitet, som tilrettelegger for en implementering med færre endringsmeldinger og avvik. Davis (2013) hevder at denne metodikken i teorien betyr at prosjekteringsgruppen arbeider når beslutningene har størst innvirkning og lavest tilknyttet kostnad (Davis, 2013).

3.3.2 Kommunikasjon i praksis

Østby-Deglum mfl. (2013) henviser til flere studier som tyder på at opptil 75 prosent av all aktivitet en prosjekteringsleder foretar seg er kommunikasjonsrelatert. Likevel vil ikke god kommunikasjon utelukke at det oppstår problemer i grensesnittene. Kommunikasjonen må utspilles på passende form til riktig tid med riktige folk. Det foreslås flere metodikker for å redusere grensesnittproblematikken, eksempelvis ved innføringen av en grensesnittmatrise eller gråsoneliste. Disse inneholder oversikt over alle involverte prosjekterende, deres oppgaver, ansvarsområder, funksjonskrav og implementeringsgrad på beskrivelser og tegninger (Østby-Deglum mfl., 2013).

For å utnytte verdien av kommunikasjon og informasjon best mulig krever det en helhetlig forståelse av prosjektet. Det betyr ikke at en person må sitte på all nødvendig kunnskap, men informasjonen forenes i en BIM. Her vil de prosjekterende ha muligheten til å foreta diverse kontroller som avdekker behov for omprosjektering. Filentypen IFC (Industry Foundation Classes) er mye benyttet og er kompatibel med en rekke programmer som benyttes av forskjellige aktører (Østby-Deglum mfl., 2013).

3.4 Beslutningstagning

Beslutninger er en sentral del av enhver prosjekteringsprosess. Beslutninger driver prosjekteringen fremover og er viktig i forhold til tid, kost og kvalitet. Østby-Deglum mfl. (2013) sier at det skilles mellom *beviste* og *ubeviste* beslutninger. De ubeviste er vanligvis beslutninger som baserer seg på rutiner og gir trivielle utfall. De beviste tas i håp om å nå et spesifikt mål og er avhengig av tilstrekkelig med informasjon for å ta et valg som understøtter målet. Den informasjonen kalles i prosjekteringssammenheng for "beslutningsgrunnlag" (Østby-Deglum mfl., 2013).

I enhver beslutning som tas vil tilgjengelig informasjon, alternativer og beslutningstagers preferanser og følelser spille inn. Det vil derfor være viktig å forstå hva som skal til for å kunne ta en beslutning, for å klare å skape komfortable forhold for beslutningstager. I den forstand er det over tid utviklet en lang rekke verktøy som er ment for å synliggjøre forskjellige behov i en beslutningsprosess. Følgende eksempler er ifølge Østby-Deglum mfl. (2013) mye brukt i

byggenæringen; Interessentanalyse, SWOT-analyse, usikkerhetsanalyse, radardiagram, sensitivitetsanalyse, kraftfeltsanalyse og flermålsanalyse.

Beslutningstager kan ha innspill og ønsker om hvilke av de overnevnte verktøyene som skal brukes, dette kan skape variasjoner og uklare forventninger om det ikke kommuniseres tydelig. I en prosjekteringsprosess vil det være flere beslutningstagere som alle har forskjellig ansvar for prosjektet. Eksempelvis vil byggherre lage en funksjonsbeskrivelse som sier noe om hvilken standard totalentreprenører skal forholde seg til. Det er likevel opp til prosjekteringslederen å velge innredningen som oppnår den påkrevde standarden. Hvis prosjekteringsleder finner en løsning som øker effekten av ønsket funksjon, er det opp til byggherre om denne påtenkte ekstrakostnaden skal implementeres (Østby-Deglum mfl., 2013).

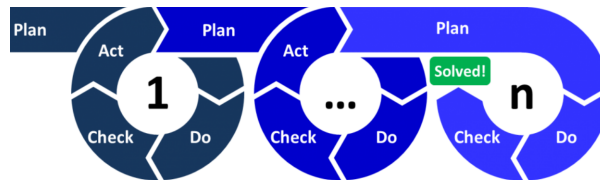
3.4.1 Lean Construction

Beslutningstagning handler mye om å tydeliggjøre og lage gode beslutningsplaner. Det er prøvd en rekke tiltak for å skape bedre beslutningsplaner, ett av tiltakene er innføringen av Lean Construction, heretter LC. Kalsaas (2017) presenterer hovedidéene med LC på følgende vis:

1. Gjør den sosiale relasjonen mellom partene bedre (ikke treff hverandre som fremmede og forlat hverandre som uvenner)
2. Optimaliser helheten, ikke delene (unngå suboptimalisering)
3. Lag 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 utgangspunktet handler LC om å kutte unødvendig sløsing av tid og andre ressurser. Last Planner System, heretter LPS, er et verktøy som innbefattes og stammer fra LC. I LPS handler det om å involvere de som skal utføre selve arbeidet og på den måten øke informasjonen for beslutningstagerne. På den måten ønsker en å skape relasjoner mellom arbeiderne og beslutningstagere (Kalsaas, 2017).

Et annet sentralt verktøy som kobles til forbedringsprosesser er PDCA (Plan-Do-Check-Act). Verktøyet skal i teorien tilrettelegge for forbedringer i forhold til den iterative prosessen som preger bransjen (Kunz & Fischer, 2019). Kalsaas (2017) beskriver enkeltelementene i figur 6 som følgende. *Plan*, her kommer spørsmålet om hva målet er, og hva som hindrer målene i å bli nådd akkurat nå. *Do*, finn ett tiltak som kan øke sjansen for å nå målet. *Check*, undersøk om tiltaket fungerte som planlagt, eller må andre idéer etterprøves. *Act*, identifiser hva som har fungert og standardiser det, ellers ta lærdom av de prosessene eller tiltakene som ikke fungerte. I en slik syklisk prosess kan planer, prosesser, aktiviteter og beslutninger på sikt forbedres (Kalsaas, 2017).



Figur 6: Plan - Do - Check - Act, illustrasjon av (Johannessen, u.d.)

LC handler sentralt sett om å involvere, å lære, å samarbeide, å kommunisere, å håndtere usikkerhet og endringer. I hovedsak foreslår tankegangen å gå systematisk til verks for å fjerne hindringer inn mot produksjon. Kalsaas (2017) presiserer at LC kun er et sett med tanker. Det betyr at det trengs rikelig med justeringer og tilpasninger for å maksimere verdien av tankesettet.

3.4.2 Vertikal, parallell og lateral tenkning

I forbindelse med å fatte bedre beslutninger har Edward De Bono utviklet en strategi som forenkler og systematiserer en tenkemetode som endrer dagens oppfatning av felles beslutningstagning. Strategien baserer seg på seks tenkehatter som vist i figur 7 der hver hatt representerer hver sin tenkestil. Hvit hatt, logikk, benyttes for å legge frem nøytral og objektiv informasjon ved bruk av fakta og figurer. Svart hatt, forsiktighet, benyttes for å snakke om svakheter, trusler og negative aspekter ved valg av et alternativ. Gul hatt, optimisme, dreier seg om det positive og på fordelene knyttet til et valgalternativ. Rød hatt, følelser, her kan en trygt legge frem følelser uten å måtte forsvare de. Grønn hatt, kreativitet, tar for seg muligheter og nye og alternative idéer. Til slutt handler den blå hatten, kontroll, om organisering og tenkeprosessen ved bruken av hattene i helhet for å nå beslutning.



Figur 7: Parallell tenkning med seks tenkehatter, inspirert av (de Bono, 1999)

Den største fienden til tenkning er ifølge De Bono (1999) kompleksitet, fordi det skaper forvirring. Derfor er den enkle og systematiske tilnærming seks tenkhatter bedre egnet. Den er

lett å bruke og lett å forstå. Der hovedfordelen er at teknikken isolerer tankene og fokusere på en tenkestil av gangen (de Bono, 1999).

Idéen bak parallell tenkning, seks tenkehatter, er å benytte samme tenkestil i felleskap med en gruppe mennesker for å belyse en problemstilling. Dette betyr å belyse ett området av problemstillingen av gangen gjennom dette predefinerte systemet. Fordelen med dette er at alle deltagerne tenker med samme hatt samtidig, og i teorien unnlater alle andre påvirkningsfaktorer. Dette vil ifølge De Bono (1999) kreve trening, men har bevist seg svært effektivt. En annen fordel med for eksempel bruken av den grønne hatten er at en ikke stopper med kreativ tenkning med en gang en finner en brukbar løsning, men fortsetter leitingen i håp om å finne flere forslag for å utvide løsningsområdet. Forslag som kanskje virker malplassert eller dårlige, kan være akkurat det som trengs for å fremprovosere løsningen en ender opp med.

Lateral tenkning

Seks tenkehatt-teknikken kan sies å realisere det som De Bono (1999) forklarer som parallell tenkning. På den andre siden presenterer han lateral tenkning som omhandler å bryte fra gamle mønstre og finne nye veier til løsninger. Lateral tenkning er en tenkemetode for å øke verdien av vertikal tenkning, som beskrives som selektiv, sekvensiell og analytisk og er den argumenterende måten å komme til beslutninger som alle er vokst opp med. Vertikal tenkning stammer fra oldtidens grekere og baserer seg på en logisk og sekvensiell tenkemåte. Det er i kombinasjon av vertikal og parallell tenkning en er i stand til å fatte de beste beslutningene (de Bono, 2016).

Prosjekter er avhengig av at prosjekteringsgruppen jobber godt sammen og VDC implementeringen skal bidra til flere aspekter som bidrar til en forbedret prosjekteringsprosess. Lateral tenkning handler ifølge De Bono (2016) om å restrukturere mønstre for å bruke tilgjengelig informasjon på en bedre måte (de Bono, 2016). De Bono (2016) definerer lateral tenkning som en teknikk for problemløsning hvor problemløsningen foregår indirekte og fra ulike vinkler, i motsetning til å konsentrere seg om en direkte løsning.

3.4.3 Prosjekteringsprosessen i endring

Det er liten tvil om at inntoget av teknologiske fremskritt som BIM endrer rollen til prosjekteringslederen og utformingen av beslutningsunderlaget. BIM er ønskelig å ta i bruk fordi det åpner for en utvidet informasjonsdeling mellom tverrfaglige enheter (Østby-Deglum mfl., 2013). Kunden og andre aktører kan lettere og mer presist uttrykke sine behov i en komplett digitalisert modell enn på ark. Westgaard mfl. (2009) hevder at det ikke er noen tvil om at de endringene en i dag ser påvirker funksjonen til prosjekteringsledelsen. Østby-Deglum mfl. (2013) påpeker at byggenæringen er i ferd med å benytte nye verktøy for beregninger, informasjonsdeling, beslutningstagning der tradisjonelle gjennomføringsmodeller og avtaleformer ses stadig på som mer ufullstendige. Likevel er det kritisk å forstå at en modell ikke løser alle problemer, den må bygges opp korrekt skal den ha verdi og skape muligheten for å

minimere grensesnittproblematikken og bidra i beslutningsprosessen (Østby-Deglum mfl., 2013).

I en rapport av Westgaard mfl. (2009) fremlegges det erfaringer gjort i et realiseringsprosjekt i Tromsø. Der viste det seg at beslutninger blir fremskyvet og forventes å tas tidligere i prosjektet. Grunnen til endringen kan knyttes opp mot økte krav og profesjonalitet fra oppdragsgiver, krav om bærekraftige løsninger, økende fragmentering, bruken av BIM og 3D modelleringsanalyser og prosessmodeller som Integrated Design. Disse fremskrittene krever at beslutningene tas tidligere. Resultatene samsvarer med avhandlingen til Knotten (2017) der det påpekes at endringer og tilhørende utfordringer må løses tidligere. Knotten (2017) hevder at flere problemer kan løses allerede i prosjektutviklingsstadiet og i prosjekteringen. Dermed kan det spekuleres i at effekten av denne fremskyvningen øker belastningen på prosjekteringslederrollen da andel informasjon de skal håndtere øker (Westgaard mfl., 2009).

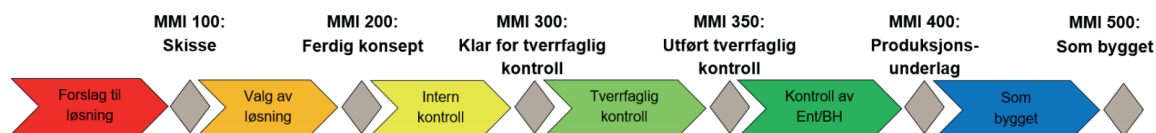
3.4.4 Modell modenhets indeks

I tradisjonelle prosjekteringsmetoder har tegninger og fysiske modeller blitt brukt som produksjonsunderlag og beslutningsunderlag. Dette har vist seg å skape en del problemer med tanke på entydighet ovenfor planer og samsvar på kommunikasjonsnivå. Botton, Pitti, Forgues og Iordanova (2020) påpeker at dagens metoder tidvis er preget av tradisjonelle metoder som baser seg på push-planlegging. Dette er en metode som forsinker arbeidsleveranser og beslutninger, reduserer produktivitet og øker sløsing av ressurser (Botton mfl., 2020). Ettersom BIM har begynt å få fotfeste kreves det nye metodikker som kommuniserer produksjonsunderlagets modenhet. Spesielt da det kan være utfordrene å benytte en modell som er i kontinuerlig endring som underlag uten å ha mulighet til å formidle modellens geometriske og informative tilstand. For å sikre at underlagsdata er tilstrekkelig utformet og kontrollert er det utviklet en rekke hjelpemidler som klassifiserer modellens modenhet.

Grytting, Svalestuen, Lohne, Sommerseth, Augdal og Lædre (2017) hevder at *Level of Detail* eller *Level of Development, LoD*, tar BIM-modellen i betraktning og tilegner en *LoD*-status til enkeltkomponenter i samspill med standardiserte sjekklister. På denne måten kan BIM'en kommunisere hvilke komponenter som er klare for produksjon. Samtidig som det gir beslutningstakere en grafisk oversikt over sanntidsinformasjonen beslutninger kan tas på vegne av. Grunnen til at en slik klassifisering behøves er at en BIM kan være rikelig grafisk utformet, uten at komponentenes egenskaper er ferdigstilt og tilredstiller påkrevde funksjoner. *LoD* åpner dermed opp for at prosjekteringsgruppen kan kommunisere BIM'en både visuelt og informativt (Grytting mfl., 2017).

Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF), Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg (EBA) og Arkitektbedriftene har samarbeidet om å utvikle en metode for å kommunisere modellenmodenhet. Resultatet er *Model Maturity Index* (MMI), som innebærer en standardisert fremstillingen av enkeltkomponenter. Dette er av stor verdi da Fløisbonn, Skeie, Uppstad, Markussen

og Sunesen (2018) hevder at objekter ofte kan fremstå med en høyere ferdigstillelsesgrad enn realiteten tilsier. Studien fremstiller en skala som beskriver modenheten av modellen i forhold til forventet ferdigstillelse. Figur 8 presenterer skalaen som skal kontrollere kvaliteten av modellens geometri og informasjonsinnhold. Videre beskriver tabell 5 hva de forskjellige verdiene innebærer i forhold til prosjektets gjennomføring.



Figur 8: MMI - Modellmodenhetsindeksen (Fløisbonn mfl., 2018)

MMI 100: Skisse	Identifisere ett eller flere prosjekteringsløsninger. Elementer som har denne verdien er sett på som en skisse og større endringer kan forventes.
MMI 200: Ferdig konsept	Objektene anses ferdig i forhold til design. Verdien opprettholdes dersom det ikke skjer større endringer som påvirker andre fag.
MMI 300: Klar for tverrfaglig kontroll	Objekter skal være koordinerte i alle fagenes modeller. Dette tilsier at objektene skal ikke kolliderer med andre fags objekter, og at de skal være riktig plassert med riktig størrelse.
MMI 350: Utført tverrfaglig kontroll	Tverrfaglig kontroll ferdig, innebærer at objekter som grenser til andre objekter er kontrollert. Dette er en iterativ prosess, og en når ikke verdien uten at koordineringen mellom relaterte fag er utført.
MMI 400: Produksjonsunderlag	Objektene er godkjent for produksjon. Underlaget er tilstrekkelig. Endringer eller avvik sendes til prosjekterings ansvarlig for gjennomgang. Objekter er klar for produksjon når MMI 400 er nådd.
MMI 500: As-Built	Defineres ut fra "As-built" dokumentasjonskrav.

Tabell 5: Modelmodenhetsindeks verdier, presentert av Fløisbonn mfl.(2018)

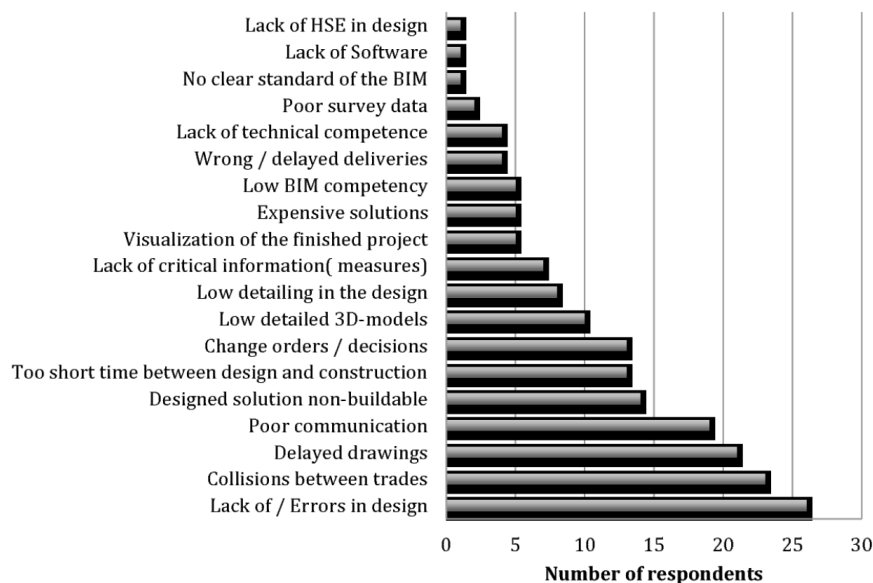
En tilstrekkelig innføring og implementering av MMI resulterer i tydelig kommunikasjon i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon. Fløisbonn mfl. (2018) hevder at metodikken i hovedsak skal være til hjelp for å planlegge om enkeltobjekter helt eller delvis er klar for produksjon. Når objekter enkeltvis får en MMI-verdi kan en lettere kontrollere og styre prosjekteringsforløpet ved bruk av BIM.

3.5 Ufullstendig prosjektering

Ufullstendig prosjektering er resultatet av prosjekteringsprosesser der det forekommer mangler, kollisjoner, forsinkelser eller dårlig byggbarhet som skaper behov for omprosjektering. Disse resultatene viser seg å være de største problemene i grensesnittene mellom prosjektering og produksjon (Svalestuen mfl., 2017).

Prosjekteringsprosessen og produksjonsprosessen overlapper delvis og anerkjennes av Eike-land (2001) som to av kjerneprosessene i byggeprosessen. I skillet mellom prosessene vil det oppstå et behov for informasjonsdeling, Østby-Deglum mfl. (2013) beskriver informasjonsdelingen mellom disse to fasene som fasevis grensesnitt. Informasjonen som fremskaffes av prosjekteringsleder skal inneholde det som trengs for å produsere det materielle produktet på byggeplass. Fraviker oppfatningen av innholdet på produksjonsunderlaget fra tiltenkt innhold vil det oppstå konsekvenser. Grimsmo (2008) påpeker at et ufullstendig produksjonsunderlag fører til negative konsekvenser i produksjonsfasen. Så, en helhetlig klarhet og et fullverdig kommunikasjonssystem reduserer informasjonstapet og hindrer de større avvikene fra å få de mest alvorlige konsekvensene (Østby-Deglum mfl., 2013).

I figur 9 presenterer Svalestuen mfl. (2017) problemstillinger som oppstår i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon. Feil og avvik i prosjekteringen er identifisert som den største utfordringen i grensesnittet. Tverrfaglige kollisjoner, forsinket produksjonsunderlag, dårlig kommunikasjon og ikke-byggbare løsninger er hovedproblemene i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon. I samtlige utfordringer står prosjekteringsleder rollen sentralt, og det kan spekuleres om hvorvidt tradisjonelle metodikker ikke vil få bukt på disse problemene.

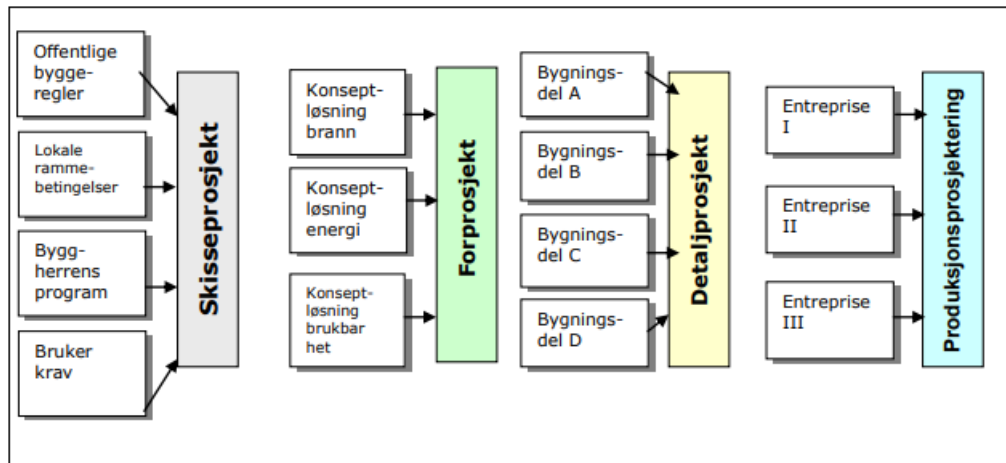


Figur 9: Utfordringer i grensesnittet mellom prosjektering og produksjon (Svalestuen mfl., 2017)

3.5.1 Grensesnitt i prosjektering

Grensesnitt kan være krevende å håndtere, spesielt med tanke på hvor kompliserte løsninger de forskjellige disiplinene utarbeider. Byggenæringen er segmentert og det er ingen som er i stand til å holde følge med på utviklingen i ethvert fag. Dette betyr at kommunikasjon er kritisk for å tette gråsonene og hindre at grensesnittsproblemene blir for store. Østby-Deglum

mfl. (2013) hevder at det eksisterer flere grensesnitt i byggeprosjekter grunnet det store antallet faser prosessen gjennomgår. Det kan oppstå uklarheter som partene ikke vet hvem er ansvarlig for, men i plan- og bygningsloven står det at prosjekterende selv er ansvarlig for grensesnittet til andre prosjekterende aktører (Plan- og bygningsloven, 2008). Fasevis grensesnitt forklares av Westgaard mfl. (2009) som det grensesnittet der flest problemer oppstår. Figur 10 viser hva grensesnittproblematikken skyldes i de forskjellige prosjekteringsfasene.



Figur 10: Typiske grensesnitt (Westgaard mfl., 2009)

I Westgaard mfl. (2009) sin rapport skilles det mellom fasevis og faglig grensesnitt. De to neste segmentene beskriver uttrykkene.

Fasevis grensesnitt

Østby-Deglum mfl. (2013) forklarer fasevis grensesnitt som det skillet i overgangen fra en fase til en annen. Det er særlig når aktører enten går inn eller ut av prosessen problemer oppstår. Til ettertanke kan en vurdere hvor god kunnskapsoverføringen var, og i de fleste tilfeller vil mye av informasjonen gå tapt i denne forvekslingen. Dersom en prosjekterende aktør hadde regnet og beskrevet en oppgave i tidligfasen, men aktøren ikke er med videre til påfølgende fase, er det stor sannsynlighet at den informasjonen ikke blir videreført som tiltenkt (Østby-Deglum mfl., 2013). For entreprenører som ikke var kontrahert i startfasen vil det kreve metoder for å overrekke byggherrens preliminære behov og rammer til nåværende aktører, slik at deres tanker og idéer formes etter prosjektets opprinnelige mål og rammer.

Faglig grensesnitt

Faglig grensesnitt oppstår i skillet mellom aktører i prosjekteringsprosessen. Østby-Deglum mfl. (2013) hevder at det i dette grensesnittet oppstår problemer på grunn av dårlig kommunikasjon. Ettersom det i økende grad foregår prosjektering og produksjon i overlapp, vil forsinkelse grunnet dårlig kommunikasjon skade samtlige involverte fag og prosjektet i helhet. Kommunikasjonsproblemene vil ikke fordufte, men kan potensielt reduseres ved at de tekniske fagene kommuniserer bedre (Østby-Deglum mfl., 2013).

4 Virtual Design and Construction

Dette kapitlet legger frem teori knyttet til VDC inspirert av undertegnede prosjektoppgave (Guttormsen & Linnerud, 2020), men tilpasset masteroppgaven.

Siden 2000-tallet har Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford University med Martin Fischer som frontfigur utviklet VDC. Målet er at rammeverket skal redusere kostnader og maksimere verdien i hele byggets livsløp. CIFE definerer VDC som: *“The use of multi-disciplinary performance models of design-construction projects, including the Product (i.e., facilities), Work Processes and Organization of the design - construction - operation team in order to support business objectives”* (Kunz & Fischer, 2019).

Sentralt i VDC rammeverket sies det å kunne tilknyttes noen hovedkomponenter. Rischmoller, Reed, Khanzode og Fischer (2018) fremstiller disse komponentene som listen nedenfor viser. Det påpekes at elementene ikke nødvendigvis behøver å bli implementert slavisk, men som et rammeverk som må tilpasses prosjektet og organisasjonen (Rischmoller mfl., 2018).

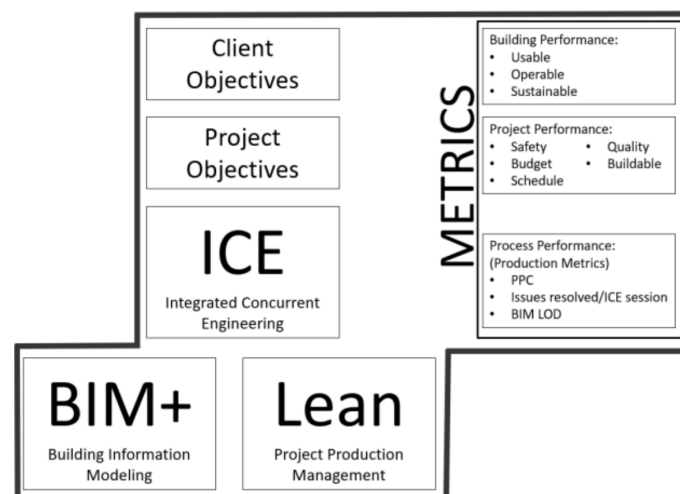
- ICE (Integrated Concurrent Engineering)
- BIM (Building Information Modelling)
- PPM (Project Production Management)
- Målinger

Som navnet tilsier er metodikken virtuell og rammeverket er avhengig av teknologi for å nå potensialet. Teknologien danner grunnlaget for en mer fleksibel og interaktivt prosess enn papirbaserte metoder. Kunz og Fischer (2019) påpeker at byggenæringens iboende kompleksitet øker grunnet press fra tekniske, samfunnsmessige og kundemessige krav. I tillegg har treg tilnærming og beherskelse av ny teknologi gjort at byggenæringen henger etter. Ved å implementere VDC ønsker en å involvere disipliner før større forpliktelser er iverksatt og utrede problemstillinger i tidlig fase (Kunz & Fischer, 2019). Knotten (2017) hevder at bruken av disse innovative teknikkene skal øke effektiviteten og redusere konflikter på grunnlag av tett samarbeid. Ved å fokusere på hovedkomponentene som i stor grad skal forbedre planlegging og styring av prosjekter, vil økt tverrfaglige forståelse bidra til en byggeprosess tuftet på kvalitet (Rischmoller mfl., 2018).

Ifølge Kunz og Fischer (2019) befinner VDC implementeringen seg hos de som identifiseres som *tidlig majoritet*. Dette betyr at litt i overkant av 30 prosent av disiplinene benytter noen av VDC komponentene i sine prosjekter (Kunz & Fischer, 2019). Etterhvert som implementeringen sprer seg vil rammeverket utvikles i takt med erfaringene som høstes. Kunz og Fischer (2019) påpeker at det er kritisk at alle disipliner er kompetente nok til å benytte visuelle modeller. Samtidig må en større andel ha kjerneferdighetene til å utvikle modellene, så strategiske investeringer må øke kompetanseutviklingen. I større og tverrfaglige samarbeid må prosessene idéelt sett insentivere, men vertfall muliggjøre kunnskapsfordeling. Dette kan kreve endringer i hvordan samarbeidskontrakter benyttes (Kunz & Fischer, 2019).

Kunz og Fischer (2019) identifiserer tre faktorer prosjekteringsleder har betydelig innflytelse på. Faktorene deles inn i *produktet*, *prosjektorganisasjonen* og *prosjekterings- og produksjonsprosessen* og kalles POP-modellen. Kunz og Fischer (2019) påpeker at disse utvikles og påvirkes i interaksjonene mellom hverandre. Hvordan disse håndteres endrer kommunikasjonsmønstre og koordineringsmetoder, da omarbeid og endringsmeldinger er et utfall av dårlig håndtering av POP-modellene. *Produktet* tilsvarer 3D modellen og muliggjør en sømløs transaksjon av eksplisitt informasjon mellom aktører. *Prosjektorganisasjonen* tydeliggjør ansvarsområder i tverrfaglige prosjektteam, da prosjekteringsbehov kan tilegnes enkelte aktører. *Prosessen* skaper en felles fremgang ved å tydeliggjøre gjøremål og milepæler. Dermed blir definerte tids- og ressursrammer benyttet slik at riktig kommunikasjon foregår på rett tidspunkt (Kunz & Fischer, 2019).

Rischmoller mfl. (2018) understreker hvor viktig det er å fokusere på integrasjonen mellom POP-modellene. En integrert tilnærming av alle komponentene må til for å skape VDC i sin helhet. Figur 11 viser til helhetsbilde av hva VDC er og en kan ifølge Rischmoller mfl. (2018) ikke påstå at en benytter VDC dersom en anvender delene i isolasjon. VDC oppstår nemlig i integrasjonen av elementene som fremkommer i figur 11 (Rischmoller mfl., 2018).



Figur 11: Integrasjon mellom elementene i VDC (Rischmoller mfl., 2018)

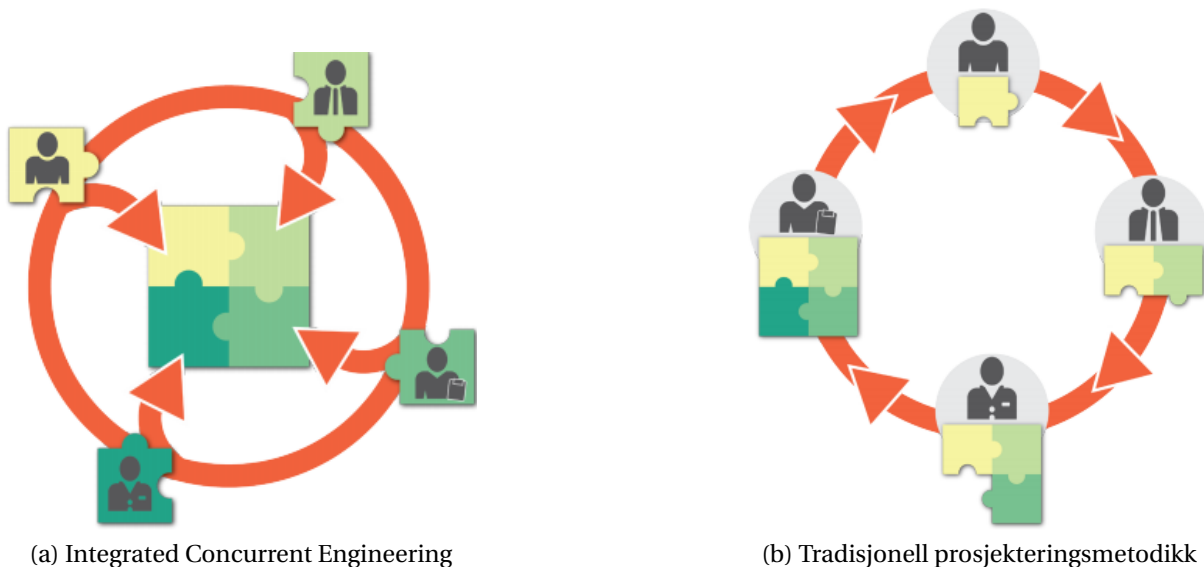
4.1 Integrated Concurrent Engineering

Integrated Concurrent Engineering, heretter ICE, er en av hovedkomponentene i VDC rammeverket. ICE kan bli sett på som en møtestrategi som samler de viktigste aktørene i samme rom, BigRoom, for å planlegge, prosjektere og beslutte sammen. Hensikten er å etablere tverrfaglig innsikt og hyppigere beslutninger. ICE ble først innført i et samarbeid mellom Statoil og NASA i 2005 og måtte tas i bruk fordi NASA hadde fått et budsjett å forholde seg til. I senere tid har metodikken blitt knyttet til byggenæringen gjennom utviklingen av BIM og VDC (Hermundsgård, 2020).

Prosjekt Norge definerer ICE 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” (Hermundsgård, 2020).

En tradisjonell prosjekteringsprosess vil som vist i figur 12b foregå på en sekvensiell måte. Der én disiplin gjør sitt arbeid før det sendes videre til påfølgende aktør. På denne måten oppstår det Hermundsgård (2020) kaller en stafett-effekt som er preget av flere tidskrevende iterasjoner som ikke skaper verdi. ICE ble utviklet for å endre denne uheldige iterative ikke verdiskapende konsekvensen. Ved å involvere de aktørene som har mulighet til påvirke utfallet av utfordringer som dukker opp, øker sannsynligheten for at produksjonsunderlaget skaper flyt i produksjonsfasen. Metodikken vil være svært viktig å tilegne seg da skiftene arbeidsplasser gjør at prosjekterende aktører sjeldent befinner seg i samme rom. Da vil kommunikasjonen som regel bli asynkron noe som øker sannsynligheten for kommunikasjonsvikt (Hermundsgård, 2020).

For å oppnå det som Hermundsgård (2020) visualiserer i figur 12a, nemlig at prosjekteringsgruppen i fellesskap bygger produksjonsunderlaget sammen fremfor sekvensielt. Må samtlige deltagere være innenforstående med fremgangsmåten og hva forberedelsene innebærer. Det er kritisk at alle deltagerne er godt forberedt slik at beslutninger kan tas på stedet (Hermundsgård, 2020).



Figur 12: Forskjellen på samspillet i tradisjonelle prosjekteringsmetodikker og ved ICE (Hermundsgård, 2020)

Roller i ICE-sesjoner

I en veileder fra Prosjekt Norge avklares gjøremålene til diverse roller i ICE-sesjon (Hermundsgård, 2020). Rollene må avklares i forkant og har stor betydning på utfallet av sesjonene. *Sesjonslederen* har ansvaret for å fasilitere sesjonen. Oppgaven går på å strukturere agendaen og gjennomføre sesjonen i henhold til planen. Vanligvis vil prosjekteringslederen også være sesjonslederen. For at beslutninger kan tas underveis i sesjonen, kreves det at sesjonslederen både utfordrer og oppfordrer deltagerne slik av den tverrfaglige samprojektering optimaliserer produksjonsunderlaget. Disiplinene som deltar kalles *teammedlemmer* og er eksperter innenfor sitt respektive fagfelt. Disse bør ha erfaring fra tidligere prosjekter for å identifisere når utfordringer oppstår. *Oppdragsgiver* eller *kunden* må ha tilstrekkelig beslutningsmyndighet til at en kommer videre i prosjekteringsprosessen. Dersom beslutninger ikke kan tas hindres fremgangen. Videre trengs det *loggfører* som dokumenterer eventuelle beslutningsutfall slik at dokumenter og liknende kan klargjøres på riktig grunnlag. I løpet av ICE-sesjonene vil det være nødvendig med såkalte breakout-sessions der mindre grupper setter seg sammen i et rom for mer intens løsningsorientert arbeid (Hermundsgård, 2020).

Forberedelse og planlegging

Prosjekter er unike som gjør det krevende å standardisere sesjonsgjennomføringen, men visse maler vil være til stor hjelp. Ett av suksesskriteriene til ICE er å skape tydelig kommunikasjon, dette kan gjøres ved å utarbeide en sesjonsplan eller agenda tidlig (Hermundsgård, 2020). *Sesjonsleder* bør fokusere på å utarbeide en sesjonsplan, fordi planen skal understøtte målet. Hermundsgård (2020) hevder at sesjonene typisk ikke skal vare mer enn to timer og ikke lengre enn fire. Dette for å sikre tilstrekkelig tid for samarbeid uten å utmatte deltakerne. Det er vanligvis flest løse tråder i starten av prosjektet da tilgangen på informasjon er lavest, dermed er det vanligst å holde ICE-sesjoner hyppigere i starten av prosjektet. Tabell 6 er et forslag av overskrifter som vil være nyttige å utdype i sesjonsplanen.

Tittel på sesjon	Ressurser	Underlag	Leveranse, mål
Hva er hovedtema for denne ICE-sesjonen?	Hvem er sentrale deltagere i sesjonen?	hva må være med "inn" i sesjonen?	Hva skal være resultatet eller produktet fra sesjonen?

Tabell 6: Typisk innhold i sesjonsplan, Hermundsgård (2020)

Gjennomføringen av ICE-sesjoner

Målet for ICE-sesjonen skal samsvare med progresjonen på aktivitetene sesjonen skal utbedre. Dermed må målsetningene ses på i sammenheng med respektive milepæler og kommende aktiviteter i henhold til fremdriftsplan. Hermundsgård (2020) påpeker at fokus må være multidisiplin problemstillinger som prosjekteringsgruppen skal løse i samspill. Dersom ny informasjon oppstår, må det finnes rom for at målsetningene endres, og delmålene

justeres. *Sesjonsleder* må være oppmerksom på at multidisiplinære problemstillinger også krever individuelt arbeid, og må derfor ta det til betraktning når agendaen lages. Hovedmålet er at sesjonen skal tilrettelegge for hyppigere beslutninger. *Sesjonslederen* har derfor ansvar for at rett beslutningsmyndighet arbeider tett med de som trenger godkjenninger og avklaringer. Hermundsgård (2020) anbefaler å avslutte sesjonen minst ti minutter før tiden, slik at en rekker en god oppsummering.

BigRoom

Rommet sesjonen avholdes i må ha tilstrekkelig med plass til lappeplanlegging og annen fysisk planlegging. ICE er en metodikk som tilrettelegger for effektive tidsplaner uten sløsing av hverken tid eller ressurser (Kalsaas, 2017). Deltagerne må i tillegg kunne ha interaktive skjermer med prosjektets BIM tilgjengelig for faglige diskusjoner (Linge, u.d.). På den måten kan samhandlingen mellom deltagerne øke beslutningsrommet og minimere informasjonstap i grensesnitt (Hermundsgård, 2020). Rommet kan utformes på mange måter, men bør ha minst to felles skjermer og områder i nærheten som er godt egnet for breakout-sessions (Hermundsgård, 2020).

Evaluering og kvalitetssikring av ICE-sesjonene

Hermundsgård (2020) anbefaler at evalueringer bør gjennomføres både i løpet av prosjektet og ved slutten. Hensikten med en midtveis evaluering er å fange opp forbedringer, og justere seg deretter. Evaluering i slutten av prosjektet danner grunnlaget for leksjoner som kan utnyttes i senere prosjekter. Evalueringen kan ta forskjellige former, alt fra åpne samtaler til anonyme undersøkelser vil gi rikelig med verdi (Hermundsgård, 2020).

4.2 Bygningsinformasjonsmodellering

BIM har stor betydning når byggenæringen digitaliseres og regnes som et av hovedkomponentene i VDC rammeverket. Ifølge Autodesk (2020) defineres BIM som *“en intelligent 3D modell-basert prosess som gir BAE-næringen aktører innsikt i verktøy som kan effektivisere plan, prosjektering, bygning og drift av bygninger og infrastruktur”*. Autodesk og andre lignende softwareprodusenter leverer programmer som heldigitaliserer produksjonsunderlag og forbedrer beslutningsgrunnlag, bygningsanalyser og koordinering for involverte aktører i byggenæringen (Autodesk, 2020).

En godt implementert BIM øker forutsigbarheten på planer, produktiviteten og lønnsomheten. En fullstendig informasjonskilde som samtlige aktører er involvert med, tilrettelegger for kommunikasjon på et høyere nivå enn tradisjonelle metoder. Alle prosjektets aktører henviser seg til og legger inn informasjon i en felles modell. Dermed kan sanntidsinformasjonen alltid vise oppdatert prosjekteringsendringer og påse at produksjonen foregår på riktig grunnlag. På denne måten slipper en den segmenterte og oppstykkende prosjekteringen, og god flyt av informasjon tilrettelegger for raske beslutninger (Autodesk, 2020).

3D modelleringsverktøy for analyser har fått forreste i byggenæringen, men aktører benytter det i varierende grad (Kunz & Fischer, 2012). Disipliner i hvert sitt fagfelt benytter forskjellige funksjoner av verktøyene, og tolker nytten basert på sine interne rutiner, verdier og oppdragsbeskrivelse. Den brede bruken har fremprovosert utviklingen av det som kalles flerdimensjonal BIM, der utvidelede bruksområder og informasjonsmengde øker informasjonen tilgjengelig gjennom BIM'en (Charef, Alaka og Emmitt, 2018).

I forskningen til Charef mfl. (2018) hevdes det at det er liten felles enighet blant forskere og brukerne av hva flerdimensjonal BIM er. For å videreutvikle BIM blir stadig flere funksjoner inkorporert, men i dimensjoner etter 5D er definisjonen flytende. I 4D BIM, tidsdimensjonen, blir planleggingsfunksjonen sentral. Her blir modellen linket til tidslinjen og en kan kontrollere fremdriften i prosjektet opp mot prosjektert fremdrift. I BIM 5D blir det implementert kostnadsfunksjoner. Dimensjonen tilrettelegger for mengdeberegninger og mengdeuttak, innkjøpslister, alternative prosjekteringsløsninger for å nevne noen. Øvrige dimensjoner kan eksempelvis være facility management, helse miljø og sikkerhet, bærekraftige løsninger (Charef mfl., 2018).

4.3 Project Production Management

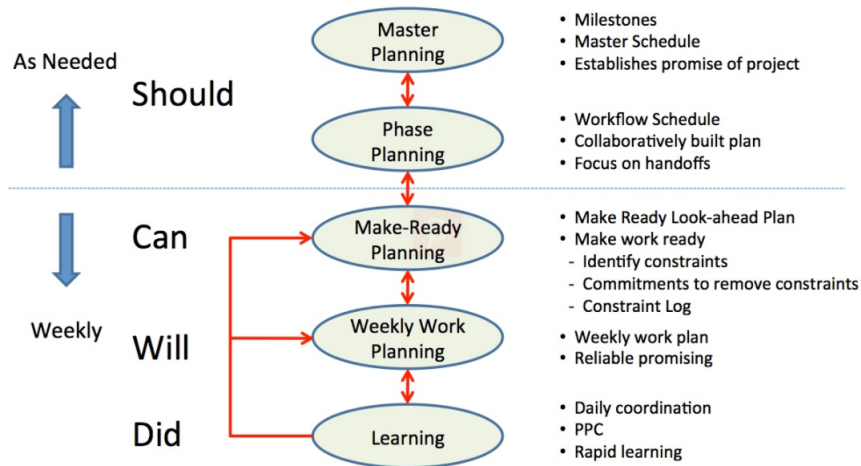
Project Production Management (PPM) kan i stor grad sammenlignes med det LC har utviklet seg til å bli. Rischmoller mfl. (2018) påpeker at PPM historisk sett fokuserte på konfigureringen og organisering av alle fysiske arbeidsoppgaver i prosjektet. Der LC på den andre siden fokuserte på de menneskelige faktorene. Sentralt i LC sin tidlige utvikling var prosjektstyring og organisering av diverse interesser viktigst. I nyere tid har disse tilnærmingene nærmet seg hverandre da LC har utvidet rammeverket for å favne en større bredde (Rischmoller mfl., 2018).

Et verktøy som håndterer og forbedrer styring og planlegging opp mot produksjon og prosjektering er Last Planner System (LPS) og inngår i LC. Hovedsaklig var verktøyet benyttet til planlegging og styring av produksjon, men har vist seg å ha potensiale i prosjekteringsprosessen også (Kalsaas, 2017). Verktøyet er utviklet av Lean Construction Institute, med Ballard og Howell som frontfigurer. LPS er et system for å planlegge og styre flyten i prosjekterbasert produksjon. Prinsippene i LPS legges frem av kalsaas (2017) slik:

- Planlegg mer detaljert jo nærmere du kommer den konkrete utførelsen
- Planlegg sammen med de som skal utføre arbeidet
- Identifisere og fjerne hindringer for planlagte aktiviteter i arbeidsgrupper
- Utarbeide pålitelige forpliktelser slik at arbeid utføres som planlagt og oppretthold disse for å øke tilliten over tid
- Lær av feilene som oppstår jevnlig

Prinsippene danner grunnlaget for den fysiske utførelsen av LPS. Dersom verktøyet implementeres riktig vil en kunne utarbeide planer som produserer færre feil i produksjonen. Ved

å benytte riktig kompetanse til rett tid og involvere de som skal utføre arbeidet kan en lage bedre planer. På den måten vil de som utfører arbeidet føle mer eierskap til planen (Kalsaas, 2017). I figur 13 presenteres en hovedoversikt over LPS.



Figur 13: Last Planner System (Richert, 2017)

LPS er et system delt inn i fem hoveddeler som er nærmere beskrevet videre i dette segmentet. De først to delene handler om oppgaver som *bør* gjøres. Først vil det være nødvendig å lage en overordnet plan der viktige milepæler legger grunnlaget for prosjektets tidslinje. Denne planen kalles hovedplan (Master plan i figur 13), og danner grunnlaget for faseplanen. Denne planen deler prosjektet inn i respektive faser med enkelte milepæler som utgangspunkt. Her gjelder det å utarbeide en god rekkefølge arbeidet skal utføres i. Videre går en over i arbeid en *kan* gjøre, og hvilke hindringer som må fjernes før igangsetting. Utkviksplanlegging går dermed til å systematisk gjennomgå og fjerne hindringer før produksjon, slik at aktiviteter som er startet kan fullføres uten feil eller avvik. Utkviksplanen spenner seg vanligvis over en seks-ukers periode. Den fjerde delen angår hva som *vil* bli gjort. Her dannes det ukentlige arbeidsplaner hvor hver aktør identifiserer arbeidet de er i ferd med å utføre. Den siste fasen omhandler hva arbeidsgruppen *gjorde*, her kan det eksempelvis arrangeres korte morgenmøter der arbeiderne går gjennom prosessene de har utført (Kalsaas, 2017).

4.4 Målinger

Målinger er en sentral del av VDC for å kartlegge og evaluere ulike prosesser. Knotten og Svalestuen (2014) påpeker at målinger forbedrer prosjektkontroll og styring ved at endringer som ikke fungerer tilfredstillende identifiseres og bearbeides. Østby-Deglum mfl. (2013) hevder at målinger er et viktig verktøy i prosjekteringsprosessen. Eksempelvis vil kontroll over fremdriftsplanen formidle ledelsens evne til å planlegge (Knotten & Svalestuen, 2014).

Målingsverktøy som prosent planlagt utført (PPU) måler utførte aktiviteter i forhold til planlagte aktiviteter. Det er ikke nødvendigvis bra at PPU'en er 100 prosent, det kan tyde på

at brukeren ikke setter mål som motiverer for utvikling (Kalsaas, 2017). Østby-Deglum mfl. (2013) antyder at læringsutbytte av innføring av nye målinger ikke nødvendigvis når potensialet i løpet av ett pilotprosjekt. Dette kan føre til at det konkluderes med at målingene ikke fungerer til det formålet det skal og implementeringen avsluttes for tidlig (Østby-Deglum mfl., 2013).

Kunz og Fischer (2012) identifiserer tre relasjoner som påpeker sammenhengen mellom målinger og evnen til å nå prosjektets mål. Hvordan valgene som tas underveis bidrar til å nå de målene som er satt blir bedømt gjennom *project controllable factors*, *project process objectives* og *project outcome objectives*. Førstnevnte er målbare faktorer som settes av ledelsen, og kan eksempelvis bestå av implementeringsplanen av VDC eller koordineringsforespørsler. Disse kan formidles til prosjektets involverte i ønsket hyppighet for å rette oppmerksomheten mot forbedring av prosjektytelsen i helhet (Kunz & Fischer, 2012).

Project process objectives omfatter målbare verdier av faktorer som kan knyttes til prosjektets sluttresultat. Ytelsesmålingene kan innbære kontroll av involveringsgrad, endringsmeldinger, kostnad og fremdrift, beslutningsplan. Ved å rette oppmerksomhet på slike ytelsesmål kan en i større grad sørge for at prosjektet når målene. Sistnevnte, *project outcome objectives* måles etter prosjektets ferdigstillelse og kan omfatte faktorer som prosjektkostnad, tidsbruk på prosjektering og HMS satt opp mot planlagte verdier (Kunz & Fischer, 2012).

5 Resultater

I dette kapittelet fremlegges resultatene som brukes for å besvare forskningsspørsmålene. Kapittelet er todelt og delene har hver sine underkapitler.

5.1 Erfaringer fra bransjen

For å kunne svare på forskningsspørsmålet “Hvilke erfaringer har norske totalentreprenører med bruken av Virtual Design and Construction?” er det innhentet funn og empiri gjennom kvalitative intervjuer og dokumentanalyse. Resultatene er hentet fra norske bedrifter med kunnskap og erfaring om prosjekteringsprosessen i totalentrepriser.

Resultatene gir innblikk i entreprenørens praktiske anvendelse av VDC. Resultatene fra data-innsamlingen legges frem strukturert etter de tre problemområdene som tidligere er presentert; tverrfaglig kommunikasjon, beslutningstagning og ufullstendig prosjektering. Informantene fra bransjen, heretter IB, får vært sitt løpenummer for å gi en viss orden i hvem som sier hva. Løpenummeret er tilfeldig så sitatene ikke kan tilbakespores til hvem av informantene som sa hva.

5.1.1 Tverrfaglig kommunikasjon

Det er gjentagende erfaringer knyttet til byggherres manglende kompetanse og forståelse for hva VDC implementeringen betyr for deres del. Byggherre kan godt nevne VDC, ICE, MMI og lignende uten nødvendigvis å forstå hva dette innebærer, og hvilke endringer det betyr for deres fysiske involvering. Intervjupersonene har forskjellige måter å lære opp aktører på, men kursing og sidemannsopplæring er mest brukt. IB4 presiserer viktigheten av interne VDC roller for å tydeliggjøre VDC og har ansvaret for å utarbeide veiledere, maler, mål, suksesskriterier og lignende. Dette skal sikre at en kommuniserer samme behov for VDC, og gir en viss standardisering i prosessen knyttet til praktisk anvendelse av rammeverket.

«VDC er avhengig av at alle deltagere er kompetente, det blir ikke sterkere enn det svakeste leddet. VDC er et administrerende verktøy og nettverk for kunnskapsdeling.» — IB1

Erfaring knyttet til informasjon og kommunikasjon mellom partene varierer. Likevel skal anvendelse av VDC-metodikk gjøre det lettere for disipliner å dele informasjon for å bedre tverrfaglig gjensidige aktiviteter. Det viser seg at modellmodenhetsindeksen har stor verdi som kommunikasjonsmiddel i byggenæringen, på grunn av dens gunstige evne til å formidle eksplisitt 3D informasjon og geometri. Flere av intervjupersonene klassifiserte MMI mer som et språk fremfor et verktøy. Et annet aspekt som informantene vektla var behovet for tidlige avklaring og forventinger. Som en del av oppstartsfasen beskrev IB4 en ambisjonsplan som utfylles i felleskap for å klargjøre startpunktet i prosjektet. Dette ved å sammenstille en lang rekke med funksjoner av forskjellige VDC elementer og til hvilken grad de skulle benyt-

tes gjennom prosjekteringsprosessen. Ambisjonsplanen kartlegger erfaring, kompetanse og brukerforståelse slik at veien videre er tydelig.

«Den største hindringen er å få folk til å samarbeide godt, og lede folk til å arbeide mer systematisk.» — IB6

«Har erfart at MMI er den beste metoden for å snakke sammen slik at alle forstår. Ved å bruke samme språk (MMI) kan en lettere kartlegge startpunktet en har, for å bygge fremgangsmåten for å nå målet. Kan eksempelvis ikke gi veibeskrivelse til butikken, hvis en ikke vet hvor du begynner.» — IB2

«MMI er et godt verktøy så lenge noen preliminære faktorer er på plass. Det er særdeles viktig at de forskjellige MMI verdiene er skapt i felleskap og at aktører har eierskap til modenhetsmodellene og tilhørende verdier. MMI fungerer best når alle fag forstår hva nivåene betyr for sitt fag og hvordan det kan bidra til å skape bedre tverrfaglig samarbeid.» — IB1

«Først var MMI et kommunikasjonsmiddel mellom prosjekterende seg imellom. Det kunne bli noe teknisk og vanskelig å forstå for de rundt som også kunne hatt nytte av informasjonen. Dermed fant vi ut at vi måtte få det inn som hovedspråk.» — IB2

«Uten MMI vil ikke en BIM-modell fungere på en god måte. En BIM modell ser jo alltid 100% ferdig ut.» — IB5

I et prosjekt med økende grad av involvering og samarbeid vil naturligvis ICE-sesjonene spille en viktig rolle på tverrfaglig kommunikasjon. God teamsammensettingen og tillit mellom aktører forbedrer evnen til å kommunisere kompleks informasjon. Informantene påpeker at visualiseringen og det økte samarbeidet reduserer variabiliteten i prosjekteringsprosessen.

«Har erfart at ICE er et gunstig hjelpemiddel for å integrere prosjekteringsteam og produksjonsteam. Ofte består disse teamene av svært forskjellige mennesker med forskjellig bakgrunn, fagspråk, kompetanse og teamtilnærming.» — IB4

«Hjelper ikke å samle eksperter hvis en ikke vet når en skal bruke ekspertisen deres. Den store fordelene er den gode systematiseringen av kunnskap som skaper rom for å sette mål sammen på tverrfaglig basis. Viktig å ha en god prosess i bunn, og ha støtte i teknologien. Jobbe mer proaktivt er nøkkelen.» — IB1

«For å levere gode prosjekter er det viktig med kommunikasjon, men også teamsammensetningen har mye å si. En av hensiktene med å øke samspeillet er å minimere variabiliteten.» — IB6

«Visualiseringen i rammeverket tydeliggjør prosjektet og de som er i tvil med noe som helst, har jo tilgang på de som prosjekterte det. Så det er mye mer lettvent å få

gode svar og oppklaringer på stedet nå, enn hva det har vært.» — IB5

«I bunn og grunn handler det om god kommunikasjon. Hvordan kan en skape rom for god kommunikasjon og at en i felleskap kan ta beslutninger. Det er ikke de enkelte aktørene som skal jobbe for å få mest utav prosjektet selv, men samarbeid for å skape det beste prosjektet.» — IB6

Felleskap og omforente mål skaper god tverrfaglig kommunikasjon, men det behøves også et kommunikasjonsmiddel i stand til å beherske det som skal formidles. Informantene nevnte flere forskjellige prosjektstyringsverktøy som ble benyttet i forskjellige grensesnitt i prosjekteringsprosessen. Det kom dermed frem at det finnes et rikt antall prosjektstyringsverktøy som alle har hver sine styrker og svakheter.

«Ikke en spesiell stor ulempe å ikke bruke disse nye fancy nettbaserte systemene, som dallux og dRofus osv., men kan skape noe bedre flyt i informasjonsdelingen. Tidligere ble det tatt skjerm bilde av BIM'en – lagt inn i OneNote med tilhørende kommentar – gitt serienummer – og henvist til i en fremdriftsplan.» — IB4

Tverrfaglig kommunikasjon handler i stor grad om informasjonsdeling mellom fag. Målet er at bygget skal nå spesifikke funksjonskrav og det er prosjekteringsleder som er ansvarlig for at alle fag og disipliner sitt grunnlag blir smeltet sammen til funksjonene som kunden har beskrevet.

«Grensesnittproblematikken er fremdeles et problem i og med at det først og fremst handler om menneskene, ikke produkt og teknologi. Selv om BIM gjør oss i stand til å formidle mer detaljert og eksplisitt informasjon, betyr ikke at kommunikasjonen mellom folk er bedret. Kan eksempelvis se på en ICE-sesjon, mye er avhengig av tilstedeværelse, inkludering, relasjoner og tillit.» — IB2

5.1.2 Beslutningstagning

«Dersom man skal lykkes med å fatte gode beslutninger er det essensielt at disse beslutningene planlegges godt i forutsigbare og forpliktende planer.» — IB5

Samtlige av informantene tydeliggjorde at VDC rammeverket kontra tradisjonelle gjennomføringer har endret fokus til at beslutningstagning foregår i felleskap. Selvom det er beslutningstager som må ta valget, må en gjøre beslutningstageren oppmerksom på alle valg og konsekvensene av dem. I stor grad omhandler VDC rammeverket, spesielt ICE-sesjonene, om å ta fortløpende beslutninger på stedet. For å gjøre det mulig må beslutningsdeltager føle seg komfortabel med å kunne binde seg til et valg på bakgrunn av fremstilt og tilgjengelig informasjon. Det var gjentakende at totalentreprenørene følte at byggherre vegret seg noe med å ta fortløpende beslutninger på stedet.

«For å unngå beslutningsvegring brukes VDC rammeverket for alt det er verdt, ved å visualisere og tydeliggjøre beslutningsbehovene kan en unngå å gå i en "beslutningsloop". Der kommer en seg ikke videre fordi byggherre trenger underlag fra entreprenør for å ta beslutning, mens entreprenør trenger beslutning for å gå videre med underlag.» — IB2

«Har erfart at BIM og ICE er et godt grunnlag for beslutninger. Veldig viktig at det er tydeliggjort og godt formidlet hvilke verktøy og funksjoner som skal benyttes. Dette bør være en del av basispakken som utarbeides av en intern dedikert VDC rolle.» — IB4

For å tilrettelegge for at beslutninger kan tas på stedet kreves det forberedelser. Prosjekteringsgruppen må legge frem forberedelsene sine slik at nødvendig underlag og relevant informasjon kommer tydelig frem. Det viser seg at forberedelser ikke er et stort problem, men at det forekommer manglende forberedelser i den første ICE-sesjonen i oppstartsfasen av et nytt prosjekt. Skyldfølelse og uønsket oppmerksomhet gjør at dette problemet sjeldent vedvarer, men begrunnes som en konsekvens av aktørens manglende erfaring med arbeidsformen.

«Med tanke på forberedelser så viser det seg at gode ICE-agendaer er viktig for at det er tydelig hva hver disiplin har ansvaret for å gjøre og forberede. Har en entreprenør eksempelvis funnet tre dørtyper som passer til funksjonsbeskrivelsen, kan disse utgjøre lapper i en senere lappeplanleggings økt, ergo er forberedelsen utført og beslutningen kan tas fortløpende.» — IB4

«Etter eller i løpet av ICE-sesjonen lages det beslutningslogger som legges inn i tidsplanen, dette er for å formidle beslutninger og gjør det lett å finne tilbake, samt vurdere beslutningsgrunnlaget som førte til beslutningen.» — IB4

Informantene forteller at for å nå ICE-sesjonens mål om å kunne ta fortløpende beslutninger kreves det ikke bare beslutningsmyndighet, men også beslutningskompetanse. Det kommer frem at en utfordring totalentreprenørene står ovenfor er at beslutningsmyndigheten som tidligere tok valg i fred og ro på sine kontorer, nå må ta beslutninger i et annen setting. Det fastsettes at kompetanseheving og generell trening er nødvendig. Samtidig som det tydeliggjøres at fokuset må være at beslutningene tas i fellesskap, slik at beslutningstager ikke føler på all skylden ved dårlige valg. Informantene fastslår at en fokusering på konsekvensen av dårlig samspill og kommunikasjon vil med tiden skape endringsvilje hos beslutningstager.

*«I forhold til beslutninger så er ikke bare beslutningsmyndighet viktig, men også beslutningskompetanse. Prosessen må tilrettelegge for at det lar seg gjøre å ta beslutninger og det gode beslutninger. Dersom en som skal ta en beslutning ikke har forståelse vil h*n ikke være komfortabel med å ta beslutningen.» — IB1*

«En stor hindring kan være at samtidig prosjektering krever at beslutningstakere må ut av kontorene sine. På byggherre, entreprenør og rådgiver siden har vi gode eksempler på at det fungerer, men inkludering av kommunen og reguleringsmyndigheten tror jeg ikke vi får til. På (et spesifikt prosjekt) ble det forsøkt, men personene de sendte hadde ikke beslutningsmyndighet eller turte ikke å binde seg i møtet, da er det jo ikke noe poeng. Redd for å ta beslutninger for å få ansvaret hvis noe går feil.» — IB5

Det brukes forskjellige teknikker og verktøy for å tilrettelegge for å kommunisere beslutningsunderlag. MMI har for flere i næringen fått en sentral rolle for å oppnå dette. Det legges fokus på at modenhetsskalaen skal defineres i felleskap og at alle parter er inneforstått med hva nivåene betyr for dem. MMI-leveranser danner klare behov av hva som skal være utført før en når et spesifikt nivå, og bør linkes til fremdriftsplan og beslutningsplan.

«Ved å ta utgangspunkt i når en har planlagt å nå et spesifikt MMI-nivå kan en plukke ut hvilke beslutninger som må til for å nå det målet. Disse danner et godt grunnlag for å kommunisere beslutningsbehovet til BH og andre involverte parter. På den måten kan en sikre at beslutningene tas på rett tid og tilrettelegger for at leveransene ankommer etter planlagt fremdrift.» — IB2

I forbindelse med en avsporing i et intervju hintet IB3 om bruken av teori fremstilt av Edward De Bono for å komme raskere til bedre beslutninger. Ved å bruke seks tenkehatt-teknikken og lateral tenkning ble det fremstilt spesielt to metoder for praktisk implementering av teknikkene i prosjekteringsprosessen for totalentreprenører.

1. Designe beslutningsprosessen basert på beskrivelsen av hattene. Her må en tenke større enn en ICE-sesjon og innkallelsen kan eksempelvis ta for seg to av fargene i løpet av en sesjon. Dette er en prosess som er godt egnet for komplekse beslutninger og deltagerne i ICE-sesjonen trenger ikke å kunne teorien bak seks tenkehatter.

2. On-the-go strategien. Denne prosessen kan benyttes flere ganger i løpet av en ICE-sesjon og tar for seg mindre beslutninger. Det krever at vertfall noen av deltagerne forstår teorien og verdien av beslutningsmetodikken og er i stand til å lede beslutningsprosessen.

For å utvide utfallsrommet og valgalternativene anbefaler IB3 god kjennskap, opplæring og trening i lateral tenkning. Dette for å utvide kreativiteten og innovasjonsgraden i prosjekteringsprosessen.

5.1.3 Ufullstendig prosjektering

Det er flere grunner til at det oppstår forsinkelser på byggeplass. En av grunnene som Svalestuen mfl. (2017) presenterer i figur 9 er ufullstendig prosjektering. Med ufullstendig prosjektering menes det at det forekommer mangler, tverrfaglige kollisjoner, forsinkelser og dårlig byggbarhet. Dette viser seg å ha vært et stort problem, spesielt i grensenettet mellom pro-

sjektering og produksjon. Et kjennetegn på en god prosjekteringsprosess er at resultatene understøtter en effektiv og feilfri produksjon med lite omkamper og omprosjektering.

IFC-filer, BIM modeller og visningsverktøy som Solibri er for mange hverdagslig. Det viser seg at kompetansen i slike verktøy er gjennomsnittlig høyere på utbygger, rådgiver og konsulent siden enn byggherre siden. Det betyr at beslutningsunderlaget må justeres slik at byggherre får informasjon på et kjent format.

«Du har tegningsunderlag i BIM, men må bruke tid og ressurser på å fremkalle det i et format som er dårligere.» — IB5

VDC-rammeverket og den tverrfaglige bruken av BIM har stort potensial. Det finnes flere visningsprogrammer som tilrettelegger for å fremkalle tegningsunderlag og delegere ansvar til de som har ansvaret for å fikse avviket eller ufullstendigheten. Målet med VDC-rammeverket for flere entreprenører i forbindelse med prosjekteringsprosessen er å danne et fullstendig underlag for produksjon på bakgrunn av tverrfaglig samarbeid.

«MMI brukes aktivt og er godt egnet for å erstatte unødvendig tegningsunderlag noe som ellers kan være kostbart og tidskrevende. I en MMI kan en lettere ta ut grunnlaget og påpeke eventuelle mangler, og henvise til en modenhet vist i modellen.» — IB1

«Ved god bruk av MMI i fremdriftsplanlegging er det enkelt å kontrollere og finne statistikk på hvor ofte en klarer å holde planlagt fremdrift og andre interne kontroller.» — IB4

Erfaring tilsier at konsekvensen av ufullstendig prosjektering blir synlig i produksjonsfasen noe som skaper behov for omprosjektering. For å unngå forsinkelser skal VDC-rammeverket være et hjelpemiddel for å øke byggherrens byggherrenheten av produksjonsunderlaget. Det viser seg at det er noen ukulturer som preger tankegangen og hindrer dannelsen av fullstendig produksjonsunderlag.

«Ukultur å si ja til frister som en innerst inne vet en ikke har kapasitet til å rekke, men sier ja for å få folk til å slutte å mase. Det kan i tillegg oppstå situasjoner der det tilbakeholdes informasjon tilfelle det skulle dukke opp andre behov. (EKS. hvis det viser seg at en ikke får utført sitt arbeid siden en ikke har nødvendig tegninger tilgjengelig).» — IB1

Erfaring tilsier at insentiver eller en form for motivasjon kan bidra til å løfte seg ut av disse ukulturene. Målinger har tidligere ikke hatt samme fokus som det har i VDC-rammeverket og kan benyttes for å fremprovosere gode resultater, og understøtte omforente mål. Det finnes både positive og negative erfaringer knyttet til målinger basert på enkeltpersoners arbeid. Noen bruker det som motivasjon til å vise hva en er god for, mens andre føler seg uthengt.

«Holistisk sett i et arbeidsmiljø der folk holder fristene vil det skape motivasjon, da det grunnlaget en trenger for å utføre sitt arbeid er tilstrekkelig utført og rett på tid.» — IB1

«Kan ha en tavle som alltid viser prosentvis fullføring med navn, synliggjøre parametere, men kan bli litt public shaming.» — IB5

«Å finne årsaken til forsinkelser er viktigere enn å finne syndebukken. I en dokumentering har vi valgt å predefinere 6-7 grunner for forsinkelse, på den måten slipper vi å henge ut enkeltpersoner.» — IB2

Endringer er uunngåelig i alle prosjekteter. Det betyr at det finnes et behov for å håndtere og styre endringene på en oversiktlig måte. Da dårlig håndtering kan ende med at beslutningsunderlaget og prosjekteringen ikke gir god byggbarhet. Dette er særdeles viktig etter som byggenæringen får stadig mer avanserte tekniske løsninger som kun fagekspertene forstår. Det er viktig at de som har ekspertisen får tydelig beskjed når endringer og justeringer må gjøres. Erfaringer sier at dokumenteringen av disse endringene har blitt enklere samt tydeliggjøres bedre med innføringen av VDC-rammeverket.

«Har erfart at VDC rammeverket er lettere og bedre egnet for å dokumentere endringer i endringsforespørsler. Lappeteknikken og tilsvarende oversiktlige visualiseringsverktøy gjør det lettere for eksempelvis anleggsleder å identifisere feilplasserte planer og ufullstendig prosjekteringsgrunnlag.» — IB4

Det går igjen at VDC-rammeverket ikke kan bli 100 prosent vellykket uten at det er kontraktuelt forankret. Det behøver derfor mer enn tillit for å skape omforente mål for å forhindre ufullstendig prosjektering.

«VDC har størst kraft når det er kontraktuelt forankret og kunden forstår verdien av rammeverket. [...] Det vil ikke være mulig å hente ut VDC sitt fulle potensial uten å endre på kontraktstrukturen» — IB1

5.2 Consto Midt-Norge AS sin VDC tilnærming

For å innhente resultater for forskningsspørsmålet “Hvordan kan anvendelsen av Virtual Design and Construction bidra til å forbedre prosjekteringsprosessen i Consto Midt-Norge AS?”, er det brukt to metoder. Tre ansatte i Consto Midt-Norge AS tar del i et VDC sertifiseringskurs gjennom et samarbeid mellom NTNU og Stanford University. Resultatene er en fremstilling basert på de kvalitative intervjuene og dokumentanalysen av informantene i Consto. Som en del av sertifiseringskurset skriver kursdeltagerne månedsrapporter som inneholder implementeringsplaner og generelle tanker rundt rammeverket. Implementeringsplanene presentert i figur 14, 19 og 21 er tatt fra månedsrapportene tilhørende kursdeltagerne fra Consto.

Gjennom opplæring, deling av erfaringer og skriving av individuelle rapporter skal kursdeltagerne være i stand til å implementere VDC i sine prosjekter. I rapportene tar kursdeltagerne for seg prosjektet de arbeider med og bruker det som utgangspunkt for å lære rammeverket og dens praktiske bruk. Kurset varer i et halvt år og månedsrapportene er obligatoriske for kurssertifiseringen.

5.2.1 Utgangspunktet til Consto Midt-Norge AS

Consto sine hjemmesider beskriver bedriften som et landsdekkende bygg- og anleggskonsern med over 1000 ansatte. De er et av landets ledende aktører og har også byggevirkosomhet i Sverige. Consto ble etablert i Tromsø i 2006 og hadde i 2020 en omsetning på 6,7 milliarder kroner. Consto Midt-Norge AS tar prosjekter innen stålbygg, byggfornyelse, skolebygg, idrettshaller, boliger og næringsbygg i regionen Midt-Norge.

Gjennom intervjuene med Consto er det tydelig at samtlige av intervjupersonene har stor personlig interesse i VDC rammeverket. De har stor tiltro til rammeverket og hvordan det kan benyttes for å forbedre prosjekteringsprosessen. I nåværende situasjon er det en gjennomgående utfordringen å få nok tid til å lære seg rammeverket. De føler tidvis at de er innblandet i for mange prosjekter og får for lite tid til å sette seg ned å bruke den tiden de trenger.

Det er intervjupersonene som selv har tatt initiativ til å delta på sertifiseringen i håp om å bedre prosjekteringsprosessen. De får støtte fra ledelsen, men føler det kunne vært fordelaktig om ledelsen hadde mer ambisiøse mål og formeninger om VDC rammeverket i Constos fremtidige utvikling. Informantene skulle ønske ledelsen ga noen fagansvaret som de kunne samarbeide med for sette klare overordnet mål. Dette for å øke motivasjonen for rammeverket internt i bedriften som på sikt gir flere å diskutere og dele erfaringer med.

I Consto benyttes forskjellige programmer for prosjektstyring, og det er ikke entydig hvilket program som skal benyttes ved prosjektetinnngåelse. Det er derfor en lang rekke med programmer som benyttes for sitt formål blant annet basert på kundens ønsker og prosjekteringslederens preferanser. Informantene selv har stor påvirkningskraft når det kommer til valg av prosjektstyringsverktøy og det viser seg å være store variasjoner av hvilke verktøy som brukes.

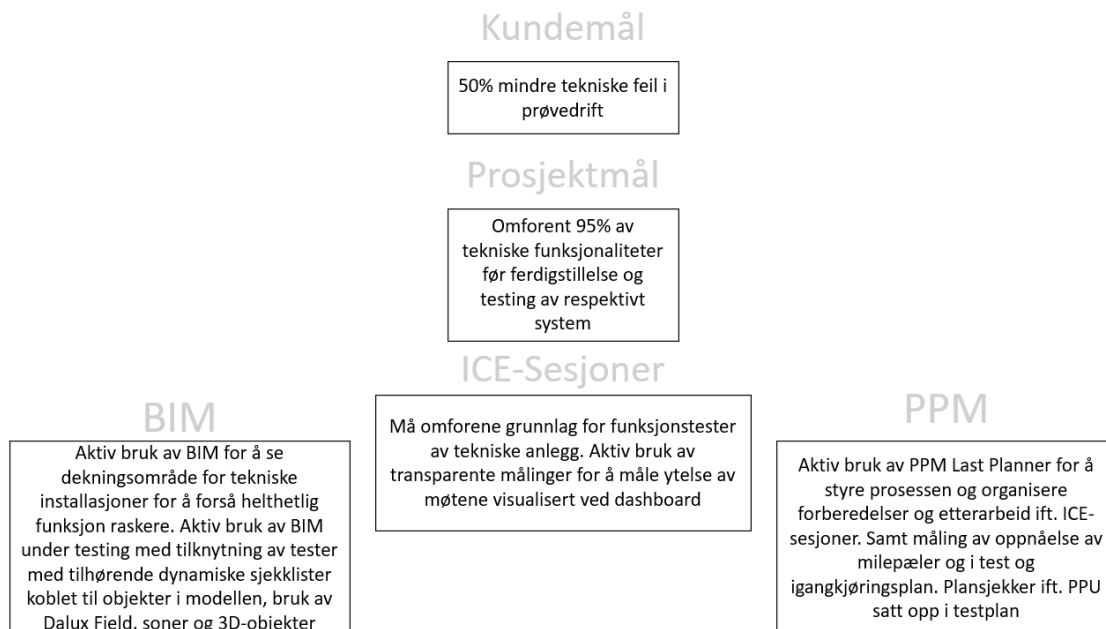
Kapitlene 5.2.2, 5.2.3 og 5.2.4 presenterer tre utfordringer kursdeltagerne i Consto har valgt å fokusere på å forbedre gjennom sin implementering av VDC. Funnene og empirien er fremstilt basert på kombinasjonen av kvalitative intervju og analysing av månedsrapportene. Underkapitlene vil først presentere utfordringene for å gi innsikt i det kursdeltager ønsker å forbedre. Som en del av månedsrapporten har kursdeltagerne utarbeidet en implementeringsplan. Innholdet i implementeringsplanen er henholdsvis; definering av kundemål og prosjektmål og hvordan ICE, BIM og PPM kan benyttes for å nå disse målene. Videre vil målsetninger med resultater fra deres rapporter legges frem for å vise hvordan det har gått så langt i implementeringen. Tallene er hentet fra informantenes månedsrapporter. Til slutt vil

en vurdering basert på kursdeltagerenes erfaringer angående VDC-implementeringen presenteres. Heretter henvises kursdeltagerne til som informanter.

5.2.2 Informant 1 - 50% mindre feil og mangler i prøvedrift

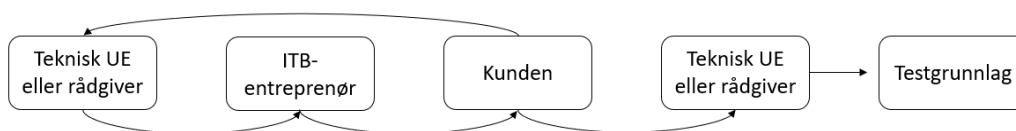
Bakgrunn for utfordring

Informant 1, heretter I1, Opplever ofte problematikk og forstyrrelser i overlevering av bygg, der en bygger ferdig og tester tekniske anlegg i fullskala uten av å ha felles forståelse av funksjonene sett opp mot kunde og prosjektmål. Vage og dårlig konkretiserte lover og krav preger situasjonen. Disse feilene overføres til overleveringen og påvirker kvaliteten og kundeopplevelsen som reduserer oppnåelsen av kunde- og prosjektmål i sin helhet. Figur 14 legger frem implementeringsplanen som skal forbedre I1 sine utfordringer, og hvordan de forskjellige VDC elementene skal utnyttes for å nå kunde- og prosjektmål beskrives.



Figur 14: Implementeringsplan for å redusere feil og mangler i prøvedrift

Dagens arbeidsprosess for integrerte funksjonstester går gjerne gjennom fire ledd, se figur 15. Først skal teknisk underentreprenør eller rådgiver produsere og revidere funksjonsbeskrivelsene, før det legges ut til kontroll. for det andre, vil ITB-entreprenør (Integrerte Tekniske Bygningsinstallasjoner) kontrollere og kommentere før det legges ut til revisjon og kontroll. For det tredje, vil kunden kontrollere og kommentere, før underlaget legges ut for revisjon og kontroll. Dersom det viser seg å ikke vært tilstrekkelig utformet, gjentas ledd en og to. til slutt vil tekniske underentreprenører og rådgivere revidere funksjonsbeskrivelsen før det legges ut som grunnlag for test. Denne prosessen kan ifølge I1 gjerne ta opp til tre måneder.



Figur 15: Eksisterende arbeidsprosess for funksjonstester. (Eget tilvirke)

For å forbedre arbeidsprosessen rundt fremkalling av underlag for integrerte funksjonsbeskrivelser foreslår I1 en annen tilnærming. En tilnærming som i utgangspunktet er mer proaktiv og tilrettelegger for en raskere gjennomgang. Den ønskede arbeidsprosessen går gjennom tre ledd som ender opp med å være forberedelsen til en ICE-sesjon. Tekniske underentreprenører og rådgivere produserer funksjonsbeskrivelser som legges ut til gjennomsyn, før ITB-entreprenør og kunden kommenterer og kontrollerer. Dermed sendes det til prosjekteringsleder som bruker underlaget til å fremkalle ICE-agenda med krav til forberedelser.

Målsetninger og tilhørende resultater

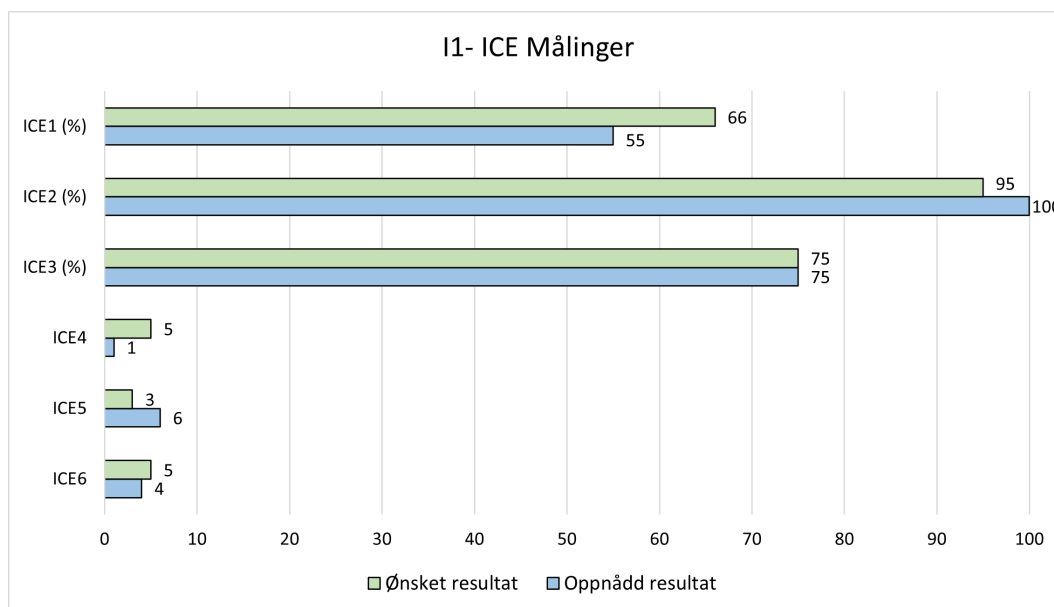
Her legges I1 sine mål og resultater frem, ved å presentere de definerte målingene samt resultatene som er oppnådd i måleperioden.

ICE

For å sikre at ICE-sesjonenes fokusområder blir ivaretatt har I1 definert seks målinger, tre produksjonsmålinger og tre kontrollerbare faktorer som vises i tabell 7.

Produksjonsmåling	Hvorfor måle?	Målestrategi
ICE1: Måle forberedelse til møte	Skape effektive møter	Spørreundersøkelser og vurdering av fasilitator
ICE2: Måle oppmøte	Mer effektive møter, riktige beslutningstakere til stedet	Møtt/ikke møtt
ICE3: ICE-agenda gjennomført	Måle evnen til å nå planlagt agenda	Agendapunkter gjennomført/planlagt
Kontrollerbare faktorer		Hvordan måle
ICE4: Gjennomføre ICE-sesjoner med gjennomgang av integrerte systemtester, underlag for disse, status på gjennomføring og resultater av gjennomføringen av tester		Antall
ICE5: Fremvise dashboard etter møtet med resultat av produksjonsmålinger, for hver av ICE-sesjonene		Dager fra møte til delt dashboard
ICE6: Agenda utsendt før møtet		Dager fra utsendt agenda til møtet

Tabell 7: Definerings av målinger for ICE-sesjoner tilknyttet reduksjon av feil og mangler i prøvedrift



Figur 16: Oppnådde og ønskede ICE målinger for I1

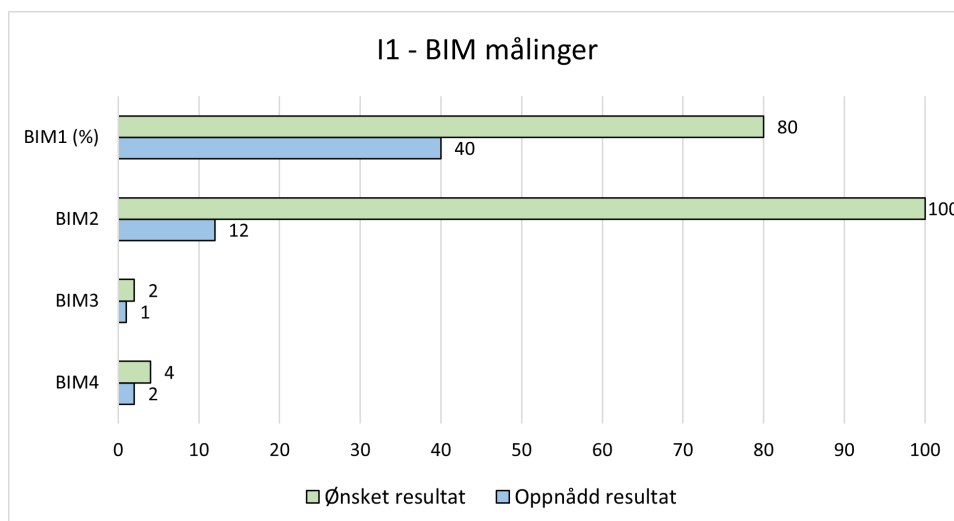
Figur 16 viser resultater tilhørende målingene fremstilt i tabell 7. ICE1-ICE3 viser produksjonsmålingenes resultater, mens ICE4-ICE6 viser resultatene av de kontrollerbare faktorene. ICE1 måler møteforberedelser med hensikt på å effektivisere møtene, en ser at ikke alle forespurte forberedelser er utført, kun 55 prosent av ønsket 66 prosent. ICE2 måler hvor mange av de innkalte som møter opp, og en ser at alle har møtt opp til ICE-sesjonene. ICE3 måler andel agendapunkter som er gjennomført kontra planlagt, og målet på 75 prosent er nådd. ICE4 måler antall sesjoner der det er gjennomført en gjennomgang av integrerte systemtester, figur 16 viser at kun en av fem ønskede gjennomganger er gjennomført. ICE5 måler antall dager fra utført ICE-sesjon til deling av dashboard med resultat av produksjonsmålingene, en ser at det er brukt seks dager mot ønsket tre dager. Sist, måler ICE6 antall dager fra utsendt agenda før ICE-sesjon, en ser at I1 har sendt ut fire dager før egensatt frist på fem dager.

BIM

Tabell 8 viser til produksjonsmålinger og kontrollerbare faktorer tilknyttet målsetningen for bruken av BIM.

Produksjonsmåling	Hvorfor måle?	Målestrategi
BIM1: Alle systemer skal være tilknyttet riktig systemnummer	En kan dermed se dekningsområdet til hvert system i ICE-sesjonen og kan forstå funksjonen til systemer	Antall objekter gruppert til system/ Antall totalt objekter i system
BIM2: Antall kollisjoner per sone	Sjekk av koordineringsevne mellom disipliner	Antall
Kontrollerbare faktorer		Hvordan måle
BIM3: Hyppighet kollisjonskontroll		Per måned
BIM4: Oppdatering samlemodell		Per måned

Tabell 8: Definerings av målinger ved bruken av BIM tilknyttet reduisering av feil og mangler i prøvedrift



Figur 17: Oppnådde og ønskede BIM målinger for I1

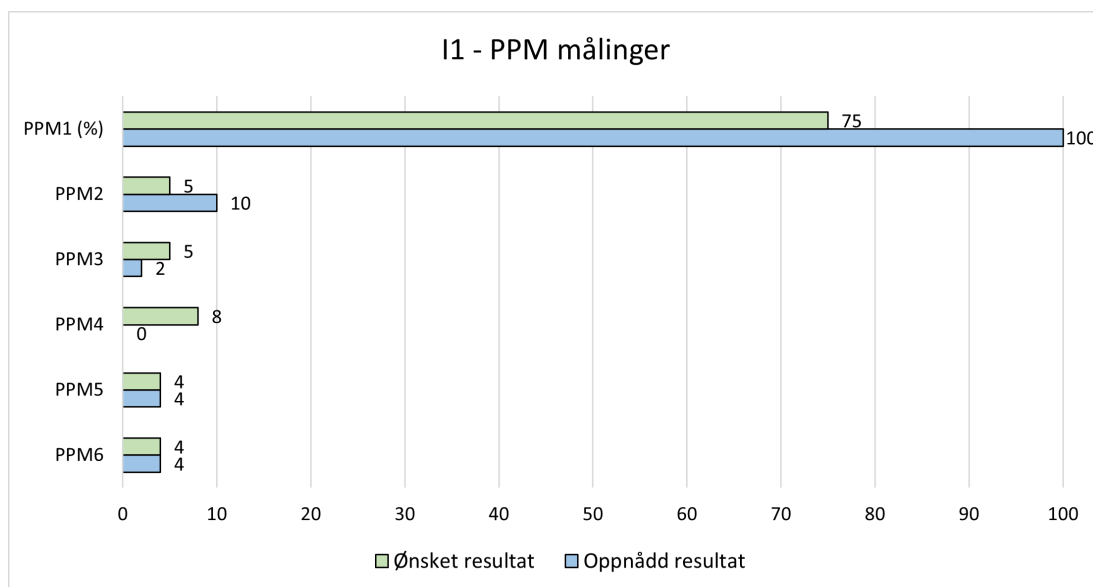
Figur 17 tilhører resultatene fra definerte målinger i tabell 8. BIM1 måler antall objekter som er gruppert i system mot antall totalt objekter i systemet. Målet er at 80 prosent er tilknyttet riktig systemnummer, men oppnådd resultat er 40 prosent. BIM2 måler antall kollisjoner per sone, dette er for å evaluere koordineringsevnen blant disipliner. Det er funnet 12 kollisjoner, noe I1 tilfreds med. BIM3 måler antall kollisjonskontroller per måned, og det er kun gjennomført en av ønsket to kontroller. BIM4 måler antall oppdateringer av samlemodell per måned, figur 17 viser at det er utført to av ønsket fire oppdateringer i måleperioden.

PPM

Tabell 9 definerer målsetningen til produksjonsmålingene og de kontrollerbare faktorene i forhold til bruken av PPM.

Produksjonsmåling	Hvorfor måle?	Målestrategi
PPM1: Prosent Plan Utført	Pålitelighet mellom planlagt og utført	Antall aktiviteter utført/ Antall aktiviteter planlagt
PPM2: Andel rotårsak "funksjonsbeskrivelse feil"	Kontroll på funksjonene vi lykkes med	Antall "funksjonsbeskrivelse feil"/ alle rotårsaker
PPM3: Latency i sakshåndtering	Raske svar på spørsmål	Antall dager
Kontrollerbare faktorer		Hvordan måle
PPM4: Befaring på byggeplass, ledelse av tester		Antall tester per uke i testfase
PPM5: Sende ut oppdater plan digitalt		Utsendinger per måned
PPM6: Sjekke fremdriftsplan igangkjøring og testing		Sjekke per måneder

Tabell 9: Definerer av målinger av PPM tilknyttet reduisering av feil og mangler i prøvedrift



Figur 18: Oppnådde og ønskede PPM målinger for I1

Figur 18 tilhører definerte målinger fremstilt i tabell 9. PPM1 måler antall utførte aktiviteter av antall planlagte. Resultatet i måleperioden ser en er på 100 prosent. PPM2 måler antall “funksjonsbeskrivelse feil” på rotårsaker, det er funnet ti feil mot ønsket fem. PPM3 måler antall dager sakshåndtering tar, og en ser at oppnådd resultater er to dager der målsetningen var mindre enn fem dager. PPM4 måler antall befaringer på byggeplass, men byggingen er ikke påbegynt for gjeldende prosjekt. PPM5 måler antall oppdaterte digitale planer utsendt per måned, og en ser at målet på fire er nådd. PPM6 måler antall kontroller av fremdriftsplan på igangkjøring og testing, figur 18 viser at målet på fire er nådd.

Informantens egenvurdering

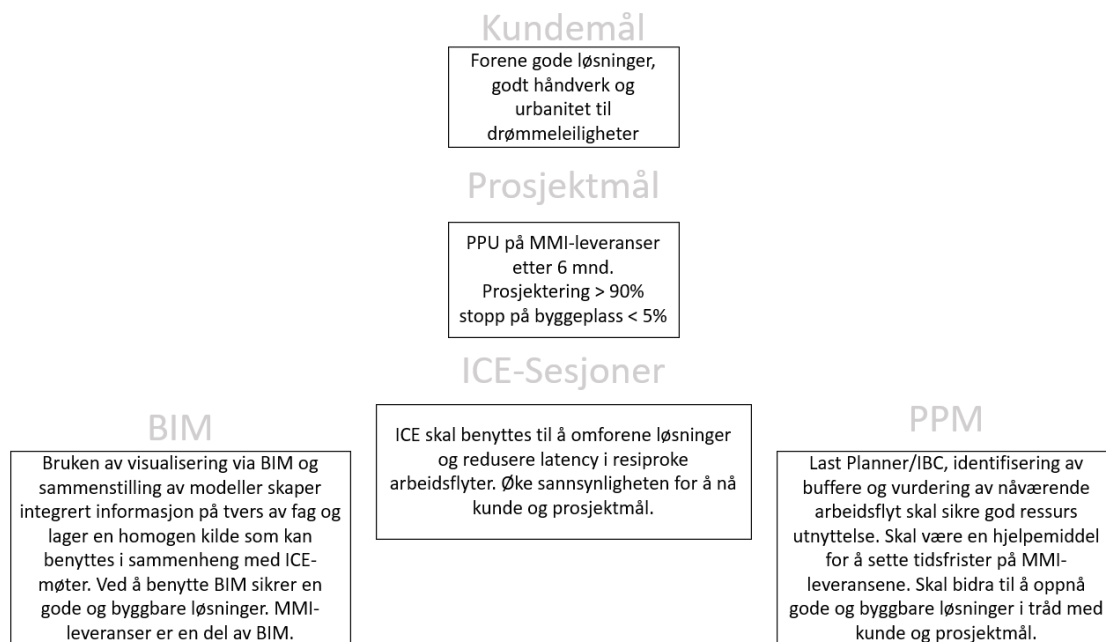
I1 er positivt overrasket over hvor godt prosjektdeltagerne tok imot VDC-rammeverket. Det skaper motivasjon for entreprenørene å få prestert mot et konkret mål. Tidligere har det vært “tradisjon for dårlige møter der det ble lite planlegging om videre fremdrift, men kun en statusoppfølging”. Dette har for I1 vedvart siden 2013 og begrunnes med mangel på ressurser da en gjerne er i 5-6 prosjekter av gangen. Har opplevd at det er vanskelig å komme forberedt, og en venner seg til å gjennomføre “greie nok” møter.

5.2.3 Informant 2 - Ferdigstille arbeidsgrunnlag for produksjon tidsnok

Bakgrunn for utfordring

Informant 2, heretter I2, opplever utfordringer knyttet til ferdigstillelse av arbeidsunderlag innen planlagt tid. Variasjoner og forstyrrelser gir utforutsette konsekvenser for prosjekteringsgruppen. Dette krever omprioriteringer, omprosjektering og ellers unødvendige omkamper. Dette vil påvirke både kunde og prosjektmål på sikt, men I2 har sett at godt imple-

mentert VDC rammeverk kan bedre måloppnåelsen tilknyttet kunden og prosjektet. figur 19 viser hvordan I2 ønsker å benytte VDC elementene for å redusere forsinket arbeidsgrunnlag.



Figur 19: Implementeringsplan for å ferdigstille arbeidsplan tidsnok

Et av målene til I2 er å bruke VDC implementeringen til å korte ned beslutningstiden i enkelte beslutningsprosesser. Eksisterende arbeidsprosess er tidkrevende og inkluderer unødvendige omkamper. I vedlegg - A fremvises både eksisterende og ønsket arbeidsform for å komme til beslutninger i Consto, dette er tilvirke hentet direkte fra månedsrapporten til I2 for å supplere studien. Ved å endre arbeidsform til VDC rammeverket ser I2 for seg en reduisering fra 49 til 22 dager for enkelte beslutninger, noe som vil korte ned prosjekteringsprosessen betraktelig.

Målsetninger og tilhørende resultater

Her legges I2 sine mål og resultater frem, ved å presentere de definerte målingene samt resultatene som er oppnådd i måleperioden.

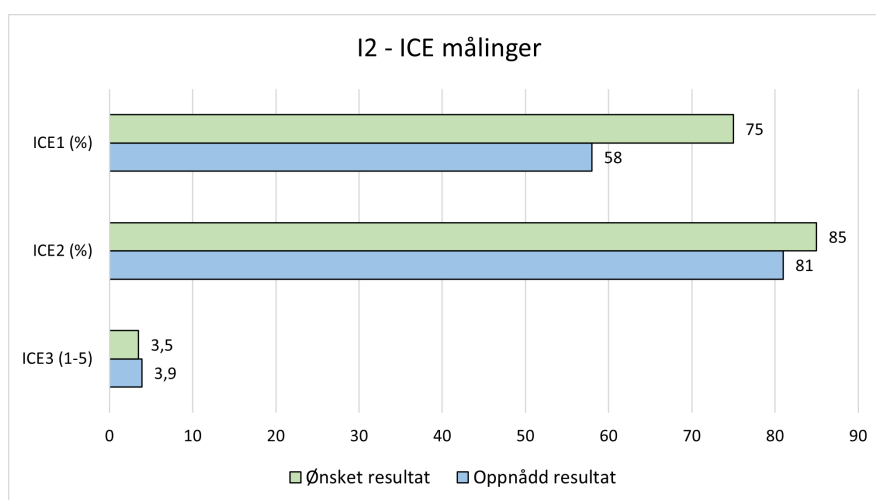
ICE

Tabell 10 viser hva I2 ønsker å måle i forbindelse med ICE-sesjonene for å sikre at produksjonsunderlaget er ferdig i tide.

Produksjonsmåling	Hvorfor måle?	Målestrategi
ICE1: Ønsket resultat fra agenda oppnådd	Avklarte saker bidrar til fremdrift i prosjektet	Ja >75%
ICE2: Deltagere forberedt til sesjon	For å få opp effektiviteten i møter	Ja <85%
ICE3: Møtekvallitet	For å ha gode møter	Karakter 1-5

Kontrollerbare faktorer	Hvordan måle
ICE4: Planlagte agendapunkter per ICE-sesjon	Ja/nei (<5 punkter)
ICE5: Agendapunkter sendt ut før ICE-sesjon	Ja/nei (3 dager før)
ICE6: Referat sendt ut innen frist	Ja/nei (2 dager etter)

Tabell 10: Definerings av målinger for ICE for å ferdigstille arbeidsgrunnlag tidsnok



Figur 20: Oppnådde og ønskede ICE målinger for I2

Resultatene i figur 20 tilhører målingene definert i tabell 10. ICE1 måler om avklarte saker fra agenda er oppnådd, og en ser at resultatet på 58 prosent er noe under målsetningen på 75 prosent. ICE2 måler om deltagerne kommer forberedt til sesjonen, en ser at resultatet er 81 prosent som er noe under ønsket måloppnåelse på 85 prosent. ICE3 måler møtekvalliteten og er basert på en karaktergiving fra 1-5. Figur 20 viser at resultatene av møtekvalliteten er 3,9 som er over ønsket snitt på 3,5.

BIM

Et av målene til I2 er å benytte BIM i større grad for å forene og integrere informasjonen som kan videre benyttes i for- og etterarbeid av ICE-sesjonene. Tabell 11 viser hvilke målinger som er identifisert og hvordan de måles.

Produksjonsmåling	Hvorfor måle?	Målestrategi
BIM1: Behandlingstid for MMI-leveranser	Forbedre fremdrift i prosjektering	Antall dager (<50)

Kontrollerbare faktorer	Hvordan måle
BIM2: Etablere BIM-manual	Ja/nei
BIM3: Etablere rutine for modelloppdatering	Ja/nei
BIM4: Legge inn frister for MMI i Dalux	Ja/nei

Tabell 11: Identifisering av målinger for BIM for å ferdigstille arbeidsgrunnlag tidsnok

Internt holdes det oversikt over nye, pågående og lukkede MMI-leveranser i prosjektstyringsprogrammet Dalux. Siden VDC implementeringen ble startet opp midt i et prosjekt var det krevende å ha en korrekt fremstilling av målsetninger som vanligvis defineres i startfasen av et prosjekt. Ved måling i utgang av februar 2021 var det 55 prosent av MMI-leveransene som var lukket, noe som er under målsetningen på 60 prosent. Samtlige kontrollerbare faktorer (BIM2-BIM4) ble ifølge I2 utført i henhold til målsetningen.

PPM

Tabell 12 viser til hvilke målinger som er identifisert og gjennomført i henhold til PPM. Disse målingene ønsker I2 å benytte for å kontrollere og finne årsaken til forsinkelser.

Produksjonsmåling	Hvorfor måle?	Målestrategi
PPM1: Stopp på byggeplass grunnet prosjektering	Sikrer overlevering rettidig til sluttkunde	% Stopp i fremdrift (<5%)
PPM2: Utførte oppgaver i forhold til planlagt	Oppfølging av fremdrift	PPU (<85%)

Kontrollerbare faktorer	Hvordan måle
PPM3: Daily huddles utført på byggeplass	Antall per uke (<4)
PPM4: Lappeplanlegging for prosjektering utført	Ja/nei

Tabell 12: Identifisering av PPM målinger for å ferdigstille arbeidsgrunnlag tidsnok

Ettersom VDC implementeringen er i startfasen er det ikke gjort målinger på byggeplass med tanke på PPM. Det er utført lappeplanlegging i henhold til målsetningen til de kontrollerbare faktorene.

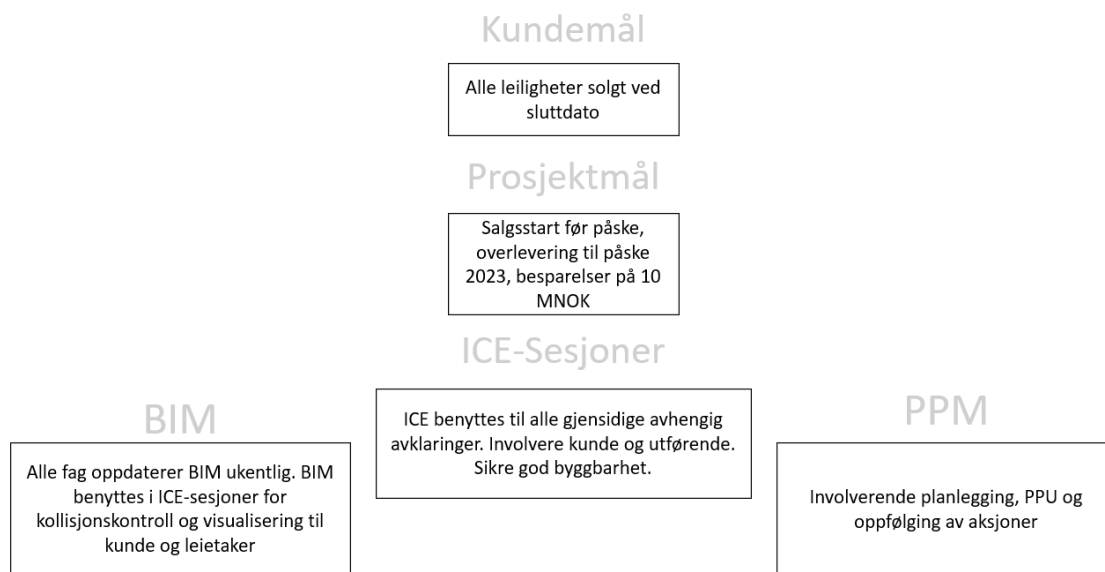
Informantens egenvurdering

Tidligere opplevde I2 utfordringer som skapte dårlig tid og konsekvensen ble dårlige løsningsprosesser. Med VDC implementeringen opplever I2 at de jobber mot en mer strukturert prosess. Erfaringen til I2 er at målingene av MMI-leveranser ikke gir statistisk verdi, men skaper stort engasjement og motivasjon blant deltagerne. Prosjekteringsgruppen er positive til endring i arbeidsmetodikk, men I2 føler at tiden ikke strekker til for å lære seg det en ønsker for å praktisere det tilstrekkelig. Å lage entydige systemer for målinger og få satt de i system krever ressurser som tidvis ikke er tilgjengelig.

5.2.4 Informant 3 - Sikre en effektiv og god samspillsfase og detaljprosjektering

Bakgrunn for utfordring

Informant 3, heretter I3, opplever at en dårlig utnyttet samspillsfase fører til at en ikke når målene som er satt for samspillsfasen. Derfor er det viktig å organisere samspillsfasen slik at en unngår at et stramt tidsskjema påvirker kunde- og prosjektetmåloppnåelsen. Det kan være gunstig å senke terskelen og øke hyppigheten av tverrfaglig samarbeid på gjensidig avhengige aktiviteter. Effekten av det vil være at en i mindre grad sitter å venter på svar, tegninger eller arbeidsgrunnlag som en behøver for å gjøre eget arbeid. Figur 21 viser hva I3 fokuserer på for å oppnå kunde- og prosjektetmål ved anvendelsen av VDC-elementer.



Figur 21: Implementeringsplan for å forbedre samspillsfase og detaljprosjektering

Det er erfaringsmessig naturlig for I3 at entydige og klare mål er essensielt for å klare å nå målene for samspillsfasen. Internt ble det en utfordring med å utfordre kunden til å sette konkrete mål uten at det ble oppfattet som kritisering. I felleskap ved oppstartsmøter identifiserer en mål, forventninger og prioriteringer som trengs for å lykkes med prosjektet. I ICE-sesjonene ble det benyttet digitale verktøy for å samkjøre idéer i felleskap, og enhver møtedeltager fikk mulighet til å notere digitale post-it lapper. Møteresultatene ble overført til Interaxo (prosjektstyringsverktøy) for strukturert oppfølging og kontroll videre i prosjekteringsprosessen.

Målsetninger og tilhørende resultater

Her legges I3 sine mål og resultater frem, ved å presentere de definerte målingene samt resultatene som er oppnådd i måleperioden.

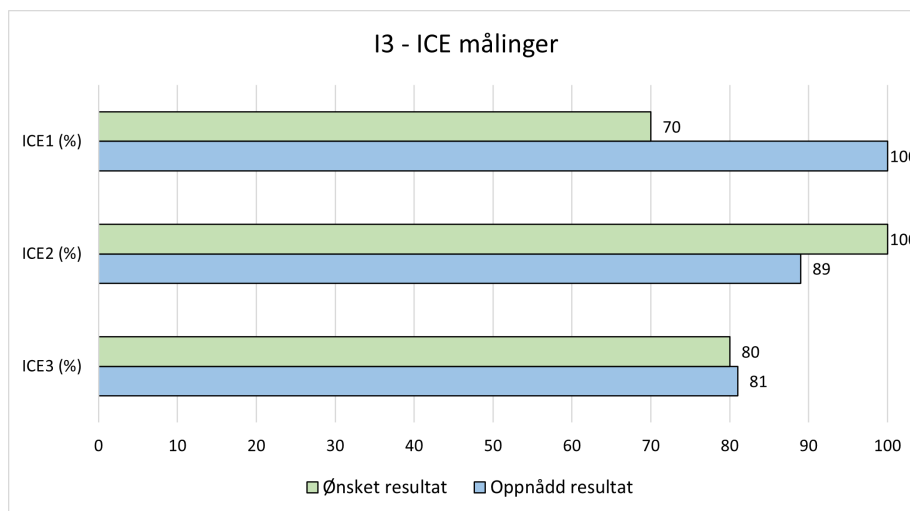
ICE

Tabell 13 viser produksjonsmålingene og de kontrollerbare faktorene I3 anser som viktig å måle i forbindelse med ICE-sesjonens effekt på å sikre godt samspill.

Produksjonsmåling	Hvorfor måle?	Målestrategi
ICE1: Antall saker løst i ICE-møter	Fremdrift	Antall løst/total antall (70%)
ICE2: Oppmøte for innkalte obligatoriske deltagere	Fremdrift, effektive møter	Antall oppmøtt/innkalt (100%)
ICE3: Forberedelser til møte	Fremdrift, effektive møter	Forberedt/etterspurt (80%)

Kontrollerbare faktorer	Hvordan måle
ICE4: Gjennomføre ICE-sesjoner for gjensidige avhengige utfordringer	Antall i samspillsfase (min 15 stk)
ICE5: Agenda med forberedelser sendes ut senest 3 dager før sesjon	Antall innen frist/total (90%)
ICE6: Referat sendes ut i løpet av neste arbeidsdag	Antall innen frist/total (90%)

Tabell 13: Identifisering av ICE målinger for å forbedre samspillsfasen og detaljprosjekteringen



Figur 22: Oppnådde og ønskede ICE målinger for I3

Resultatene fra figur 22 er snittene kalkulert fra åtte målinger I3 har gjennomført. ICE1 måler antall saker som er løst på totalt antall saker. Målet er at 70 prosent oppklares i ICE-sesjonene, mens 100 prosent er nådd i måleperioden. ICE2 måler hvor mange av innkalte deltagere som møtte opp, og en ser at alle som er innkalt har møtt opp. ICE3 måler hvor mye av etterspurt forberedelser er gjennomført, målsetninger på 80 prosent er nådd. I3 skriver i sin månedsrapport at de kontrollerbare faktorene, ICE4-6, også er innenfor målene som fremkommer i tabell 13. Utsendelse av agenda og referat er begge på 100 prosent og antall ICE-sesjoner er på skjema i henhold til planlagt fremdrift.

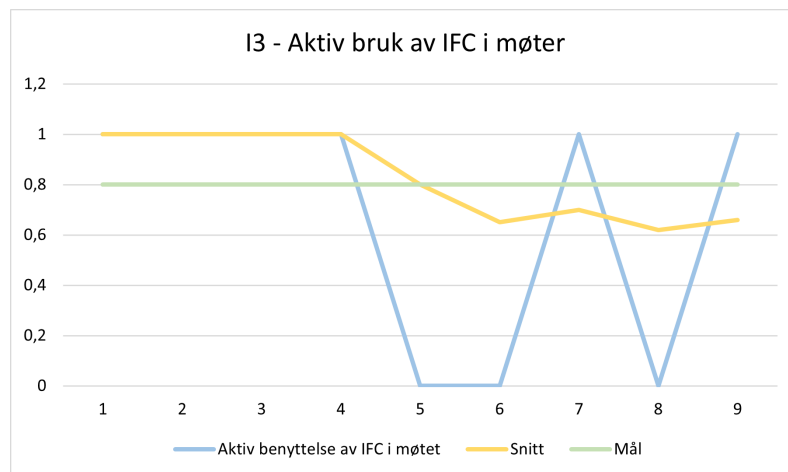
BIM

Bruken av IFC-filer er ansett som sentralt i å sikre en god samspillsfase og detaljprosjekteringsfase. Tabell 14 viser at I3 dedikerer flere målinger til bruken av IFC-filen. Hensikten er å ha kontroll og oversikt over fremdrift og arbeidsgrunnlag.

Produksjonsmåling	Hvorfor måle?	Målestrategi
BIM1: Ingen konflikter på byggeplass pga. feil i IFC som burde vært oppdaget i prosjekteringen	Omarbeid - fremdrift og økonomi	Antall avvik (0)
BIM2: Oppdatering av IFC for alle fag ukentlig innen angitt frist	Fremdrift, oppdatert grunnlag	Andel levert/totalt antatt (95%)

Kontrollerbare faktorer	Hvordan måle
BIM3: Benytte IFC aktivt i ICE-sesjoner	BIM benyttet/totalt (80%)
BIM4: Alle fag leverer BIM	Ok/ikke ok

Tabell 14: Identifisering av målinger av BIM for forbedring av samspillsfase og detaljprosjektering



Figur 23: Målinger ved bruk av IFC i ICE-sesjoner

Som et tiltak har I3 innført målinger for å benytte IFC-filene for å løse problemer som kunne blitt oppdaget i prosjektering (BIM1). Planen er å fortsette med tydelige rutiner og ukentlig utlegging av BIM-modell når detaljprosjekteringen er i gang. Prosjektet I3 baserer månedsrapporten på er i tidligfase, så det er naturlig at IFC-filen ikke benyttes i alle møter i samspillsfasen.

Figur 23 viser hvor mange av ICE-sesjonene som benytter IFC-filen aktivt for å komme til avklaringer. Snittmålingene starter over målet, men trenden er nedadgående. En tolkning av den nedadgående trenden kommer i diskusjonskapitlet.

PPM

For å sikre forutsigbar fremdrift er spesielt bruken av PPU benyttet i PPM for å sikre forbedring. Tabell 15 viser hva som måles og vektlegges videre i implementering og læringsprosessen av VDC.

Produksjonsmåling	Hvorfor måle?	Målestrategi
PPM1: PPU prosjekteringsplan	Forutsigbar fremdrift	PPU (70%)
PPM2: PPU aksjonsliste Interaxo	Forutsigbar fremdrift	PPU (70%)

Kontrollerbare faktorer	Hvordan måle
PPM3: Gjennomføre involverende planlegging for å opprette plan	OK/ikke ok
PPM4: Status PPU minimum hver 14. dag	Ok/ikke ok
PPM5: Planlegge møter slik at agenda sendes ut minimum 3 dager før møtet	Antall utsendt innen frist/total (85%)

Tabell 15: Identifisering av PPM målinger for forbedring av samspillsfase og detaljprosjektering

Resultater tilknyttet målingene definert i tabell 15 er basert på samspillsfasen da detaljprosjekteringen ikke er påbegynt for det respektive prosjektet. Produksjonsmålingene er knyttet til PPU på prosjekteringsplan og aksjonsplan. Målingene tilsier hvorvidt en har vært i stand til å besvare eller utrede saker, basert på aksjonslisten i Interaxo. Målingene som er gjort gir et snitt på 67 prosent, og befinner seg dermed like under målet på 70 prosent som vist i tabell 15.

Informantens egenvurdering

I3 har opplevd positiv effekt av å danne “felles kjøreregler” for samspillsfasen. Gode ICE-sesjoner og oppstartmøter har gitt aktører større eierskap til prosjektet og har vært sentralt når det gjelder måloppnåelse for samspillsfasen. Målingene har vært nyttige for å ha fokus på å få agenda og referater ut til rett tid, og oppstartsmøtene har gitt nyttige tilbakemeldinger for fremtidige sammenlignbare situasjoner. I3 opplever å ha kommet lengre enn forventet, og at styrket tillit til prosessen og innad i teamet bygges over tid.

6 Diskusjon

Diskusjonskapittelet inneholder drøfting av oppgavens resultater. Tre problemområder er belyst fra ulike perspektiver ved hjelp av teori, resultater og egne refleksjoner. Kapittelet har tre hovedinndelinger; tverrfaglig kommunikasjon, beslutningstaging og ufullstendig prosjektering, alle med hver sine underkapitler.

6.1 Tverrfaglig kommunikasjon

Den stadig økende kompleksiteten i byggenæringen forklarer Kunz og Fischer (2019) som en konsekvens av samfunnsmessige, tekniske og kundenes økende krav og forventninger. Dette skaper behov for å forbedre kommunikasjonen og prosesser i byggenæringen da produktiviteten fremdeles er et problem (Bygg21, 2019). Meland (2000) hevder at tverrfaglig kommunikasjon er et smøresystem som må ofres tilstrekkelig med ressurser for å kunne skape klare og tydelige tverrfaglig kommunikasjonsforhold. Problemer knyttet til dårlig tverrfaglig kommunikasjon er ikke uvanlig for næringen, noe som indikeres av at I3 har valgt å fokusere implementeringen sin på å sikre en god samspillsfase og detaljprosjektering.

6.1.1 Kommunikasjonssvikt

Kommunikasjonssvikt er ifølge Østby-Deglum mfl. (2013) at budskapet ikke når frem som tiltenkt. Dette kan være fordi kommunikasjonen foregår på feil tid, sted eller ikke er forståelig for mottaker. Tidligere har de tradisjonelle metodene gjort at prosjektets informasjon flyt hovedsaklig forgår asynkront i et nav-nettverk, som har forårsaket dårlig produktivitet (Østby-Deglum mfl., 2013). Dette kan oppfattes som sammenfallende med det Kunz og Fischer (2019) påpeker med at byggenæringen henger litt etter andre bransjer i paradigmeskiftet digitaliseringen har medført. Byggenæringens sviktende integrering skyldes at teknologien som er ment for å tilrettelegge for gode prosesser er avhengig av at alle aktører har kompetansen til å benytte seg av verktøyet. Med andre ord har ikke den teknologiske utviklingen nådd sitt potensiale siden aktørene ikke har klart å integrere teknologien inn i deres hverdag for å skape sømløs tverrfaglig kommunikasjon. Derfor mener jeg at bransjen møter en stor utfordring ettersom antall prosjektstyringsverktøy øker og kommunikasjonsverktøyene krever god brukerforståelse for å gi full uttelling. Det kan være nødvendig å bruke tid på starten av prosjekt for å sette seg inn i nye verktøy, for å oppnå optimal avkastning av programmet. En halveis god bruk av prosjektstyringsverktøy er ingen god implementering med hensyn på å minimere kommunikasjonssvikt.

I dagens prosjekteringsteam vil deltagerne tilbringe store deler av hverdagen foran PC'en. Møter, planer og prosjekthotell drives fra hver sine arbeidsstasjoner, uten særlig fokus på uformelle informasjons- og kommunikasjonskanaler. Meland (2000) påpeker at uformelle informasjonskanaler en av fem suksesskriterier for håndtering og kontrollering av kommunikasjon og informasjon og er nødvendig for å skape en effektiv informasjonslogistikk. På

bakgrunn at det vil det være gunstig å opprette en arena der prosjektdeltagerne kan bli bedre kjent, på et uformelt vis. Et slikt tiltak kan virke tillitsbyggende og bidra til at prosjektdeltagerne blir bedre kjent med hverandre. Kalsaas (2017) legger frem i sin defineringen av LC at det er viktig å skape et godt sosialt bånd. Derfor bør det etableres uformelle kommunikasjonskanaler for å skape et godt sosialt samhold som et grunnlag for et tillitsfullt samarbeid. Det kan argumenteres i hvorvidt et sterkt sosialt bånd fremprovoserer god kommunikasjon, men vil uansett bidra til økt trivsel på arbeidsplassen.

Budskap som ikke når mottaker som tiltenkt er konsekvensen av uklare forventninger og avklaringer (Østby-Deglum mfl., 2013). IB4 sier at å opparbeide en ambisjonsplan i oppstartsfasen er gunstig med tanke på avklaringer og forventninger. Ettersom aktører benytter forskjellige programmer vil de ha forskjellig utgangspunkt, noe som skaper variasjoner når en skal samle prosjekteringsunderlaget i samme BIM. Derfor anbefaler IB4 å kartlegge erfaring, kompetanse og brukerforståelse av programmene som skal brukes i prosjekteringsprosessen. Dette skal være gunstig for å avklare utgangspunktene som tydeliggjør veien videre ved å gjøre seg kjent med teamets forkunnskaper. Jeg mener det vil oppstå kommunikasjonssvikt dersom en krever underlag i for eksempel Revit fra en aktør som ikke har benyttet programmet før, noe som øker sannsynligheten for ekstraarbeid. En ambisjonsplan kan arte seg på ulikt vis, men prosjekteringsgruppen bør gjøre seg kjent med aktørens utgangspunkt, samt definere hvilke funksjoner og programmer som skal brukes for å løse oppgaven. Ambisjonsplanen kan også benyttes som måling på implementeringsoppnåelse, ved å se hva som var brukt kontra planlagt.

IB6 presiserer at “i bunn og grunn handler det om god kommunikasjon” og “den største hindringen er å få folk til å samarbeide godt, og lede folk til å jobbe mer systematisk”. Østby-Deglum mfl. (2013) påpeker seks forhold som bidrar til god informasjonsflyt, der klarhet og kontroll er to av forholdene. Informantene fra Consto påpeker at det ofte er opp til de selv å velge prosjektstyringsverktøy. Dermed vil deres personlige preferanser og erfaringer påvirke informasjonsflyten i prosjekteringsprosessen. Dette skaper en unødvendig variasjon som motsier det informantene påpekte om at VDC må brukes for å skape et godt samspill for å unngå unødvendig variabilitet. Jeg mener at en må være mer konsekvent på hvilke verktøy som benyttes på tvers av prosjekt, med mindre kunden krever noe annet. Det viktigste vil være at kundens behov og prosjekteringsleders fokus er sammenfallende, og dette mener jeg best kommuniseres og praktiseres når det er en viss forutsigbarhet, også når det kommer til hvilket prosjektstyringsprogram som brukes.

Flere av problemene som oppstår i produksjonsfasen er et produkt av en dårlig prosjekteringsprosess, og kan ifølge Knotten (2017) lukes ut i startfasen. Det er avgjørende at byggherre har kompetansen til å formidle idéene og funksjonskravene til prosjekteringsgruppen på en slik måte at de er i stand til å bygge det produktet kunden har sett for seg. Ettersom VDC ifølge Kunz og Fischer (2019) er avhengig av at alle deltagerne er i stand til å benytte visuelle modeller, kreves det også at kunden gjør seg kjent med verktøyene. IB1 påpeker at

“VDC er avhengig av at alle deltagere er kompetente” som tyder på at også byggherre må lære å benytte modellene for å kommunisere budskapet, noe som også er ønsket av informantene i bransjen. Dersom kunden ikke er i stand til det, vil forklaringer fra byggherre ikke være så eksplisitte som det potensielt kunne ha vært ved hjelp av BIM. Denne kommunikasjons-svikten kan være grunnen til at prosjekteringsprosessen ofte må gjennom flere runder med omkamper og omprosjekteringer. Dermed vil kommunikasjonsmiddelet en benytter ha stor innvirkning på hvorvidt en er i stand til å kommunisere eksplisitt og gi riktig informasjon og formidle budskapet godt nok.

Informantene fra bransjen påpeker at bruk av VDC har endret prosjekteringsleder sitt ansvar, og IB1 sier i denne sammenheng at å “jobbe mer proaktivt er nøkkelen”. Il fra Consto påpeker at det er “blitt tradisjon med dårlige møter”, dette tydeliggjør at det er behov for endring. Il nevnte at den lave produktiviteten har vedvart siden 2013 noe som kan bety at digitaliseringen kan være en del av grunnen. Tidligere var det mindre møter for å sammenstille tverrfaglige modeller. En hadde da mer tid til å snakke sammen ansikt til ansikt uten å være oppslukt i at alle tekniske installasjoner skulle være 100 prosent ferdig og fremstilt i en tredimensjonal digital modell. Derfor mener jeg at mye av kommunikasjonen som dag er avhengig av en modell ikke rettferdiggjør bruken av BIM, da kompetansenivået er såpass varierende blant aktørene involvert i prosjekteringsprosessen. For å kunne jobbe proaktivt, kreves det derfor en kompetanseheving slik at forberedelsene presenteres og er forståelige for partene som avhenger av hverandre.

Hermundsgård (2020) påpeker at det er viktig at alle deltagerne er godt forberedt til ICE-sesjonene. Dette oppnås ved at sesjonslederen sender ut ICE-agenda i god tid før sesjonen (Hermundsgård, 2020). For IB1 betyr det å arbeide mer proaktivt å tilrettelegge for at informasjonen og kompetansen er på rett sted til rett tid. Dette presiserer informanten da “det ikke hjelper å samle eksperter hvis en ikke vet når en skal bruke ekspertisen deres”. Klarer en det har en et godt grunnlag for å kunne ta tverrfaglige gjensidige avklaringer på stedet. På den måten vil proaktiv arbeidsform og god kommunikasjon av ICE-agenda sikre at arbeidsgrunnlaget er ferdig i tide. For å sikre at riktig kompetanse er til stede kan det være riktig å utvide møtedeltagelsen. Det gjelder å finne en balanse, slik at innkalte fageksperter kan være aktive i sesjonen. Blir en sittende som tilskuer kan deres tiltro til prosjekteringsleders ferdigheter og VDC-rammeverket svekkes.

For kunden skal prosjektet dekke et behov, og behovet defineres av tid, kost og kvalitet. Samset (2000) beviser i sin fremstilling, figur 4, at riktig kommunikasjon i tidligfase skaper billigere og bedre prosjekter. Videre hevdes det at BIM øker byggbarheten og funksjonaliteten av bygget (Autodesk, 2020). Likevel opplever informantene at byggherre ikke er like innforstått med VDC, og kan kreve VDC, ICE, MMI uten helt å forstå hva det innebærer. Davis (2013) fremmer at med god kommunikasjon og tilstrekkelig bruk av teknologiske verktøy er en i stand til påvirke prosjekteringsprosessen, slik at en oppnår høy kost-nytte for byggherre. Jeg mener at med fokus på å spre suksesshistorier vil flere byggherrer se nytten av VDC. Det er

i høyeste grad verdifullt for byggherren å maksimere kost-nytte faktoren, noe som er mulig med å være mer fysisk tilstede i prosjekteringsprosessen.

6.1.2 Snakke samme språk

Østby-Deglum mfl. (2013) definerer stjerne-nettverk som en kommunikasjonstilnærming der alle snakker med alle. Dette er realiteten i ICE-sesjonene, men er nødvendigvis ikke nok i seg selv til å sikre god tverrfaglig kommunikasjon. Nøyaktighet fremmes som et av forholdene som skaper god kommunikasjon (Østby-Deglum mfl., 2013). Det å være nøyaktig, men kortfattet i byggenæringen mener jeg i dag betyr å visualisere eksplisitt geometri og informasjon på en entydig måte. IB2 har prøvd å imøtekomme denne utfordringen ved å være i stand til å snakke sammen slik at alle forstår hverandre. For å klare dette har MMI blitt utviklet til å ligne mer på ett språk enn en indeks. For å snakke samme språk, må alle forstå hva ordene betyr, derfor vil det være helt avgjørende at alle er med å definere nivåene og deres betydning og er innforstått med hva det betyr for eget arbeid.

Modellmodenhetsindeksen har for mange av informantene blitt en betydelig del av prosjekteringsprosessen. Fløisbonn mfl. (2018) påpeker at objekter i en modell ofte kan fremstå med høyere ferdigstillelsegrad enn realiteten tilsier, noe som IB5 også påpekte. I2 har valgt å fokusere på målinger av MMI-leveranser for å oppnå ferdigstilt arbeidsgrunnlag tidsnok. I implementeringsplanen til I2 inngår det målinger som kontrollerer ferdigstillelse av prosjektering og stopp på byggeplass. Et slikt fokus mener jeg er gunstig for Consto, siden det viser at de har ambisjoner om å redusere stopp på byggeplass som skyldes ufullstendig prosjektering. I2 har også ambisjoner om å kutte behandlingstiden for MMI-leveranser, se BIM1: figur 11. Ved å øke kommunikasjonsgraden gjennom god bruk av MMI kan en motvirke en av ulempene i bransjen. Ulempen forklares av Hermundsgård (2020) ved at aktører sjeldent er i samme rom, som gjør at kommunikasjonen stort sett er asynkron. Dermed er det kritisk å definere MMI-nivåene sammen, for å skape forutsigbare forventinger til modellens geometriske og informative innhold. Det kan være gunstig for bedrifter som Consto å utarbeide en ambisjonsplan som prosjekteringsgruppen jobber seg gjennom i oppstartsfasen for å unngå misforståelser.

Jeg mener det kan være verdifullt å inkorporere MMI prinsippet om modenhet i andre gjensidig avhengige aktiviteter i prosjekteringsprosessen. Hermundsgård (2020) hevder at VDC implementeringen endrer den iterative stafett-effekten i prosjekteringen til et omforent samspill. Skal dette bli realiteten for norske totalentreprenører vil MMI prinsippet tilføre store verdier ved å klassifisere modenhet av eksempelvis fremdriftsplaner, beslutningsplaner og kalkyler. Kommunikasjonen vil dermed kunne ansees som mer innholdsrik som gjør en i stand til å dele en mer eksakt oppfatning av hverandres virkelighet. Tydelig definerte MMI-nivåer gjør kommunikasjon med rådgivere, konsulenter, underentreprenører og kunder bedre. For å få til dette er det kritisk at de som bruker språket er med på å definere det.

Svalestuen mfl. (2017) viser i sin modell, figur 3, hvilke kommunikasjonsmidler som gir best avkastning. Ansikt til ansikt kommunikasjon viser seg å være den beste måten å oppnå effektiv kommunikasjon på, mens mailkorrespondanse og papir-utveksling er på den andre enden av skalaen. Samtlige av informantene fra Consto har valgt å fokusere deler av sin VDC implementering på gode ICE forberedelser. Resultatene de har oppnådd er noe under ønsket måloppnåelse, men informantene i bransjen har opplevd liknende tendenser i startfasen av sin VDC implementeringen. Bransjen har gode erfaringer med å bruke MMI-nivåene som en fremstilling av hva forberedelsene til enhver aktør skal inneholde. På den måten formidles forberedelsene på et felles språk, som betyr at produksjonsunderlaget blir smeltet sammen på en forutsigbar måte. Klarer en å samkjøre prosjekteringsgruppens involverte parter kan det føre til at underlaget blir entydig og gir færre omprosjekteringer i produksjonsfasen. Dette er et ønsket resultat for alle i byggenæringen, men I2 har opplevd utfordringer med å kommunisere godt nok i prosjekteringsprosessen grunnet forstyrrelser og unødvendige variasjoner.

6.1.3 Teamsammensetningen

Kunz og Fischer (2019) definerer at målet med VDC implementeringen skal understøtte kunde- og prosjektmål. Videre hevder de at ved god integrering av POP-modellene kan de definerte tids- og ressursrammene bidra til at riktig kommunikasjon foregår til rett tid (Kunz & Fischer, 2019). Dette har vist seg viktig da dårlig kommunikasjon er en av hovedgrunnene til at det oppstår problemer i grensenettet mellom prosjektering og produksjon (Svalestuen mfl., 2017). IB6 påpeker i denne forbindelse at teamsammensetningen har mye å si, og IB4 hevder at ICE-sesjonene har fungert som et hjelpemiddel for å integrere prosjekteringsteam og produksjonsteam. Disse teamene består ofte av mennesker med forskjellige bakgrunn, fagspråk, kompetanse og teamtilnærming. Dette mangfoldet bør utnyttes for å bidra til at riktig kompetanse er tilstede til riktig tid. IB1 understøtter overnevnt teori ved å påpeke at det "hjelper ikke å samle eksperter hvis en ikke vet når en skal bruke ekspertisen deres". I tillegg vil et godt integrert prosjekteringsteam danne et mer byggbart produkt da aktører får formet underlaget basert på sine behov. Dette kan være krevende ettersom byggenæringen er fragmentert og en sjeldent befinner seg i samme rom.

Informantene, både fra Consto og bransjen, påpeker at møtedeltagelse og forberedelse må prioriteres. I1, I2 og I3 har alle målinger knyttet til oppmøte og forberedelser. Samtidig tydeliggjøres dette behovet av IB6 som sier at "en av hensiktene med å øke samspillet er å minimere variabiliteten". Noe som ikke kommer like godt frem er hvordan koordineringen av teamet skal foregå. Når prosjektene blir større og mer kompliserte vil det være nødvendig med flere fageksperter som må koordineres. ICE-sesjonen bidrar til å skape et stjerne-nettverk, men Østby-Deglum mfl. (2013) påpeker at koordineringsbehovet overgår utbyttet av stjerne-nettverket når det er flere enn sju deltagere. Derfor bør prosjekteringsledelsen nøye planlegge hva som skal avgjøres i ICE-sesjonene og påse at punktene som skal avklares

i en ICE-sesjon ikke krever for mange deltagere. Det vil være gunstigere å ha god kontroll på informasjonsflyten og dele opp sesjonene basert på avklaringspunktene, enn å prøve å gå gjennom mest mulig i én sesjon med flest mulig deltagere, selv om en ligger bak skjema. En slik oppdeling understøttes av Østby-Deglum mfl. (2013) sin forklaring på hva som skaper god informasjonsflyt; unngå overflødig og oppretthold kontroll.

Samlokalisering er viktig for å bygge et godt team, da asynkron og dårlig kommunikasjon er realiteten dersom en sjeldent er i samme rom (Hermundsgård, 2020). Det er på den andre siden ifølge IB5 tillitsbyggende og lettvinnt å få oppklaringer på stedet i en ICE-sesjon, da du kan rette spørsmål til den det gjelder ansikt til ansikt. Selv om en har en strukturert prosess som understøtter et velfungerende team, vil faktorer som konflikter og taus kunnskap skape rom for kommunikasjonssvikt. Sporsem (2021) mener at blind tro på digitalisering kveler den viktige kunnskapen som kommer gjennom taus kunnskap. Prosessen og læringen gjennom prøving og feiling blir ikke tatt opp i de digitale verktøyene, som betyr en behøver å balansere fokuset på heldigitalisering og satsningen på ansattes kunnskap (Sporsem, 2021). Derfor kan en økning av frekvensen av samlokalisert prosjekteringsmøter skape bedre sosialt samhold og grunnlag for å sette felles mål. Dette kan være med på å drive frem en kultur med høyere grad av kunnskapsdeling som gjør at taus kunnskap kan utnyttes i større grad, dette understøttes av IB1 som sier at “VDC er et administrerende verktøy og nettverk for kunnskapsdeling”.

For prosjekteringslederen vil en endring fra tradisjonelle møter til ICE-sesjoner ifølge erfaring fra bransjen bety å arbeide mer proaktivt. For at prosjekteringsgruppen sammen kan fatte beslutninger kreves det at forberedelsene som avhenger av andre aktører gir et tilstrekkelig beslutningsgrunnlag. Teoretisk sett er det nødvendig med en fasilitator som muliggjør gode ICE-sesjoner, som ifølge Hermundsgård (2020) mest naturlig fylles av prosjekteringslederen. Dette skiftet av ansvar for prosjekteringsleder gir dem potensielt mer ansvar og mer arbeid. Erfaringen til IB4 er at bedrifter bør ha en intern VDC rolle som har ansvaret for å utarbeide en basispakke for bedriften. Dermed kommer spørsmålet om hvorvidt det burde ansettes en VDC-manager som har ansvar for å ta den rollen som fasilitator og etablerer av basispakken. Dette er en rolle som bedrifter i samme situasjon som Consto med fordel kan benytte, da erfaringene og kompetansen er på et tidlig stadie. Et annet alternativ kan være å benytte seg av ekstern VDC kompetanse. Dette kan være fordelaktig ved at det skapes forventninger til ønsket bruk i fremtiden basert på andres ekspertise. Det kan argumenteres hvorvidt et samarbeid med ekstern VDC-ekspert gjør ledelsen i Consto mer oppmerksom på hva som trengs for å skape en vellykket VDC implementering for en forbedret prosjekteringsprosess. Kanskje dette er løsningen for informantene fra Consto som ønsker at ledelsen setter mer ambisiøse mål og ytrer klarere formening om bruken av VDC i fremtiden.

6.2 Beslutningstagning

Prosjekter er mer formbare i tidligfasen som illustreres i figurene 4 og 5. Ifølge Knotten (2017) skal en helst ta valg tidligere ved å involvere partene tidligere. Tidligere involverte parter gir muligheten for å ta beslutninger basert på informasjonen og kompetansen til flere aktører, som reduserer omprosjektering og andre unødvendige omkamper (Knotten, 2017). Beslutningstagning er en sentral del av prosjekteringsprosessen som skal sikre fremdriften i prosjektet. Westgaard mfl. (2009) opplever at beslutninger blir fremskyvet og forventes å tas tidligere grunnet økt profesjonalitet, fragmentering, bruk av BIM og 3D modelleringsanalyser og krav til bærekraft. Slike forhold krever at prosessen rundt beslutningstagning endres. I3 antyder at slike forhold imøtekommes med økt fokus på å involvere kunde og utførende i ICE-sesjonen for å sikre god byggbarhet, se implementeringsplan figur 21. En tilnærming med tidlig involvering avhenger noe av kundens evne til å definere funksjonskrav og behov tidlig. Uten en tidlig definering vil det være krevende for totalentreprenøren å kontrahere rådgiveren, konsulenten eller underentreprenøren som har riktig kompetanse. Mislykkes en her vil konsekvensen være å måtte bytte ut aktører på grunn av manglende kompetanse som resulterer ekstra grensesnitt og variabilitet.

Boton mfl. (2020) mener at dagens tradisjonelle metoder tidvis preges av push-planlegging. Dette er en metode som forsinker arbeidsleveranser og beslutninger, reduserer produktiviteten og øker sløsing av ressurser (Boton mfl., 2020). Byggenæringen har lenge etterstrebet og utprøvd forskjellige planstrukturer, men LPS skal ifølge Kalsaas (2017) sikre mer eierskap til planene. I figur 13 fremlegger Richert (2017) det IB5 påpeker med at “dersom man skal lykkes med å fatte gode beslutninger er det essensielt at disse beslutningene planlegges godt i forutsigbare og forpliktende planer”. Dette problemområdet understøttes av I1 sin opplevelse med “tradisjon med dårlige møter”. I den forstand mener jeg at beslutningsunderlaget som prosjekteringsleder sender ut i forkant av ICE-sesjonene kan oppfattes som en form for push-kommunikasjon. Derfor er det avgjørende å være oppmerksom på de negative aspektene til push-planlegging i overgangen til en proaktiv arbeidsform.

Erfaringen fra bransjen er at noen av teamdeltagere kommer uforberedt til den første ICE-sesjonen i ett nytt prosjekt. Noe en kan se igjen i I1 og I2 sine målinger om forberedelser, se figur 16 og 20. Consto opplever bra oppmøte i sine ICE-sesjoner, og IB4 påpeker at en god ICE-agenda er kritisk for å tydeliggjøre hva hver disiplin har ansvaret for å forberede. Hermundsgård (2020) påpeker at hovedformålet med ICE-sesjonen er å gjøre at beslutninger kan bli tatt på kortere tid, og da er det kritisk at alle deltagerne er godt forberedt. Kunz og Fischer (2019) påpeker at kun 30 prosent av bedrifter tar i bruk noen av VDC komponentene. Ifølge definisjonen til Rischmoller mfl. (2018) kan en ikke hevde å ta i bruk VDC uten å inkorporere alle elementene som fremkommer i figur 11. IB2 hevder å bruke VDC-rammeverket for alt det er verdt, ved å visualisere og tydeliggjøre beslutningsbehov, men opplever fremdeles beslutningslopper. Så, bedrifter som ikke inngår i de 30 prosentene mener jeg må fokusere på å inkorporere alle delene av rammeverket. Derfor har totalentreprenørene mye

kontroll å tjene på å øke bruken av gode målinger, dersom målingene understøtter kunde- og prosjektmål.

Erfaringen fra bransjen er at det kan oppstå utfordringer til beslutningstager sin involvering og fysiske tilstedeværelse, blant annet ved IB2 som påpeker at “mye er avhengig av tilstedeværelse, inkludering, relasjoner og tillit”. Beslutningstager kan være vandt til å sitte i fred og ro på sitt kontor å ta beslutninger der. Det vil ta tid, ressurser og endringsvilje for å endre på dette. Som Hermundsgård (2020) skriver er hensikten med VDC implementeringen å etablere tverrfaglig innsikt og hyppigere beslutninger. Dermed er det behov for at beslutningstager er i stand til å ta beslutninger i ICE-sesjonene, selv om det strider med gamle rutiner. IB1 har erfart at beslutningstager må ha tilfredstillende forståelse for å føle seg komfortabel med å kunne ta en beslutning. I tillegg sier Hermundsgård (2020) at oppdragsleder eller kunden må ha tilstrekkelig beslutningsmyndighet. Som en utvidelse av dette tilføyer IB1 at myndighet ikke er nok, men at beslutningskompetanse er vel så viktig. Det krever erfaring og kompetanse for å klare å ta gode valg og prosjekteringsgruppens omforente mål må gjøre at beslutningstager ikke blir redd for å få skylden for dårlige valg.

Kunz of Fischer (2012) presenterer *project outcome objectives* som måles i prosjektets ferdigstillelse, og kan eksempelvis måle tid og kost på prosjektering. I forhold til målinger som går igjen hos norske totalentreprenører er det lite fokus på dette i selve prosjekteringsprosessen. Det er likevel flere målinger informantene i bransjen nevner som tilrettelegger for bedre beslutningsprosesser. En av måtene å sette opp beslutningsprosessen på er å utnytte BIM modellens tilknyttede MMI-nivåer og plukke ut og tydeliggjøre hvilke beslutninger som må tas for å kunne nå et spesifikt nivå og sikre fremdriften i prosjekteringsprosessen. Endringsbehovet gjenspeiles i forskningen til Fløisbonn mfl. (2018) med at objekter som enkeltvis får en MMI-verdi gir bedre kontroll og styringsoversikt i prosjekteringsforløpet. IB2 påpeker at dårlig kontroll kan en ende med en beslutningsloop, der både beslutningstager og de som fremlegger beslutningsunderlaget avventer avklaring fra sin motpart. Dette er ifølge Østby-Deglum mfl. (2013) en konsekvens av dårlig kommunikasjon.

Når en skal ta *beviste* beslutninger er det viktig å ha tilstrekkelig med informasjon slik at beslutningene understøtter målet (Østby-Deglum mfl., 2013). Figur 21 viser at I3 fokuserer på å oppdatere sanntidsversjoner av BIM'en ukentlig, involverende planlegging og kollisjonskontroller for å sikre at ICE-sesjonene gir gjensidige tverrfaglige beslutninger som resulterer i et byggbart produksjonsunderlag. Denne tilnærmingen støttes av det Autodesk (2020) sier at god bruk av en sanntidsoppdatert BIM skaper god informasjonsflyt som reduserer de negative aspektene ved en segmentert og oppstykket prosjekteringsprosess. Dette skal gi rom for å kunne ta raske beslutninger og en forbedret prosjekteringsprosess. Dette mener jeg krever en kompetanseheving i tråd med det Kunz og Fischer (2019) påpeker; at strategiske investeringer skaper muligheten til å skaffe den nødvendige kompetansen.

Kursing og opplæring vil være nødvendig for at alle aktører skal se nytten av rammeverket, men også generell endringsvilje og god endringsledelse er viktig. Det kommer fram at informantene i bransjen ønsker at spesielt byggherrer øker kompetansen slik at de kan være i stand til å se fordelene VDC har på deres interesser. I slike situasjoner må det skapes en kultur hvor det kjente endringsledelses uttrykket “create a sense of urgency” blir gjeldene. Ifølge Kormann og Suberg (2021) kan dette oppnås enten ved å fremheve viktigheten av endringen, eller ved å vise at det trengs en endring så snart som mulig (Kormann & Suberg, 2021). Dette kan være en del av kursingen byggherrer får, som tydeliggjør at de kan spare betydelig ressurs på et vellykket prosjekt ved å være mer involvert i prosjekteringsprosessen. Viktigheten er å fremheve at beslutningstagningen og den tverrfaglig kommunikasjonen ikke blir som IB1 sier; “det blir ikke bedre enn det svakeste leddet”. Prosjekteringsprosessen er dermed helt avhengig at at byggherre er med på å dra lasset.

6.2.1 Seks tenkehatter og parallell tenkning

Ifølge De Bono (1999) er utfordringen med tenkning kompleksiteten, fordi det skaper forvirring. Tenkemetoden som er mest benyttet i dag stammer fra oldtidens grekere og baserer seg på å argumentere for og imot, og legge frem sin side av saken for å overbevise motparten. Denne tenkemetoden defineres som vertikal tenkning (de Bono, 1999). Ved å lære seg å bruke parallell tenkning gjennom praktisering av seks tenkehatt-teknikken viser De Bono (1999) at en kan fatte bedre og raskere beslutninger. Systemet er lett og forstå og enkelt å bruke, men jeg tror at teknikken kan møte en utfordring med å bli tatt på alvor. Det kan oppfattes lite profesjonelt å benytte tenkehatter i forskjellige farger for å belyse en beslutning som for eksempel har en monetær verdi på flere hundre tusen. Det vil derfor kreves trening i utførelsen og deling av suksesshistorier for å øke beslutningsprosessen involverte parter sin tiltro til teknikken. Eventuelt må andre betegnelser som oppfattes mer profesjonelt benyttes.

Informantenes erfaring fra bransjen dreide seg mye om beslutningstagning og prosessene rundt, men den aldrende teknikken fra De Bono ble ikke nevnt av noen. Teknikkens formål er å bruke tilgjengelig informasjon på en bedre måte, som understøttes av VDC formuleringen gitt av Kunz og Fischer (2019); implementering av VDC skal involvere disipliner før større forpliktelser er iverksatt. I1, I2 og I3 viser gjennom sine implementeringsplaner at de setter sin lit til omforente mål og felles involverende beslutningstagning for en vellykket bruk av VDC i prosjekteringsprosessen. Blant annet ved å bruke ICE-sesjoner for å omforene grunnlaget til funksjonstester (figur 14), og omforene løsninger for å redusere ventetid i gjensidig avhengige aktiviteter (figur 19) og for å sikre byggbarhet basert på involvering av kunde og utførende i beslutningsprosessen (figur 21). Dermed er det logisk å innføre en beslutningsprosess basert på seks tenkehatt-teknikken kombinert med VDC-implementeringen, fordi både VDC-rammeverket og seks tenkehatt-teknikken fremhever verdien og nytten av felles beslutningstagning.

Informantene med lang fartstid bruker ICE-sesjoner i forbindelse med beslutningsprosesser og har tidvis opplevd at beslutningstager ikke føler seg komfortabel nok til "binde seg i møtet" som fører til det IB5 sier "da er det jo ikke noe poeng". Det kan være flere aspekter som utløser dette, men som Østby-Deglum mfl. (2013) påpeker vil enhver beslutning påvirkes av fire faktorer: tilgjengelig informasjon, preferanser, følelser og alternativer. Ved utnytte parallell tenkning, altså isolere hver tenkestil og fokusere på å belyse én tenkehatt av gangen i fellesskap, ser jeg for meg at en klarer å tilfredstille de fire påvirkningsaspektene til Østby-Deglum mfl. (2013). Hvit hatt, rød hatt og blå hatt respektivt omhandler faktorene presentert av Østby-Deglum mfl. (2013). Beslutningsprosessen med praktiseringen av seks tenkehatt-teknikken som IB3 la frem anbefalte spesielt to metoder for praktisk tilnærming; designe beslutningsprosessen og on-the-go. Her kan bedrifter i samme situasjon som Consto eksempelvis konstruere interne retningslinjer på bruken og kursing av parallell tenkning for deltagerne involverte i ICE-sesjonene, for å forbedre bruken av den tilgjengelige informasjonen.

Praktisk sett kan en se for seg at I3's kontrollerbar faktor BIM3: Benytte IFC aktivt i ICE-sesjonen (se figur 14 og 23), knyttet til forbedring av samspillfasen og detaljprosjektering kan ha god nytte av å konstruere en beslutningsprosess basert på De Bono (1999) sin teknikk. Ved å tydeliggjøre at IFC-filen skal benyttes i de store beslutningene knyttet til det IB3 beskrev som "designe beslutningsprosessen", altså beslutninger som er store og går over flere ICE-sesjoner, kan I3 oppnå økt kontroll og forutsigbarhet. Dette kan oppnås ved å utføre tekniske kontroller eller vise valgalternativer og analyser i diverse fagspesifikke BIM-programmer. Kanskje den nedadgående utvikling i benyttelsen av IFC-filene i figur 23 lar seg forbedre ved økt beslutningskontroll. IFC-filen kan også brukes som en supplerende faktor i bruken av on-the-go teknikken for å fatte mindre og raskere beslutninger. Uavhengig av bruken vil en justering og tilpasning til prosjektet være nødvendig. Innholdet i ICE-agendaplanene kan eksempelvis basere seg på fargene, som gir en viss forutsigbarhet i planleggingen, og tydeliggjør når IFC-filen er forventet å være nødvendig for å fatte en beslutning.

Tenkehatt-teknikken understøtter VDC-rammeverket ved å tilrettelegge for felles beslutninger (de Bono, 1999). Metoden er også tillitsbyggende ved at en i fellesskap legger frem nødvendig informasjon og kommer til enighet sammen. Teknikken bør være robust nok til å kunne redusere beslutningstid i ethvert prosjekt, som rettferdiggjør tildeling av ressurser til opplæring. Resultatene antyder at I2 og I3 ønsker å kutte beslutningstiden og redusere omkamper og omprosjekteringer, se implementeringsplan figur 19 og 21. I møte med variasjoner og forstyrrelser gjelder det å skape prosesser som minimerer variabilitet. Gjennom opplæring i parallell tenkning vil aktører i samme situasjon som informantene i Consto klare å ferdigstille arbeidsgrunnlag for produksjon tidsnok, samt at kunden vil føle seg mer inkludert og få mer eierskap til prosjektet og prosjekteringsprosessen. Spesiell stor forskjell vil en se når beslutningsprosesser med parallell tenkning automatiseres, og prosjekteringsgruppen er i stand til å bruke fargene effektivt (de Bono, 1999). Det kan tenkes at ved å benytte seg av dette syste-

met kan det være lettere for fasilitator å si fra hvis en aktør stadig er negativ. Eksempelvis kan fasilitator si; du har gode svart-hatt idéer, hva tenker du hvis du tar på deg den gule hatten? Dermed kan en si fra til folk uten å måtte påpeke at de er negative og vanskelig å jobbe med, men påpeke at også andre perspektiver er viktig å undersøke.

6.2.2 Lateral tenkning

Som en utvidelse av parallell tenkning kan lateral tenkning brukes for å bryte ut av gamle mønstre og finne nye veier til løsninger (de Bono, 2016). Dette kan være spesielt nyttig i kombinasjon med bruken av den grønne hatten; tenkestilen som dreier som om kreativitet og å finne innovative og nye løsningsalternativer. Videre kan det tenkes at veien til løsning, er med på å forme hvordan løsningen blir. I tråd med at beslutningsprosessen i et prosjekt som benytter VDC-rammeverket skal involvere aktører før større planer er iverksatt (Kunz & Fischer, 2019), vil løsningsalternativene endres og utvides dersom flere deltagere er involvert. Dermed vil muligheten for å benytte tilgjengelig informasjon bedre, skape rom for at beslutninger tas når de har størst påvirkning med lavest tilknyttede kostnader som ifølge Davis (2013) er en konsekvens av tidlig involvering i prosjekteringsprosessen og reduserer total kostnaden på prosjektet. Dermed kan felles beslutningstagning være enklere å realisere og bedrifter som Consto kan forbedre prosjekteringsprosessen basert på den predefinerte beslutningsteknikken.

Hvis en ser bort fra alle predefinerte beslutningsteknikker, men holder seg til det De Bono (2016) mener er fordelen med lateral tenkning; bryte løs fra gamle mønstre og finne andre alternativer. I prinsippet strider dette både med teorien og informantenes erfaring om å bruke VDC for å minimere variabiliteten, men byggenæringen har et sårt behov for å finne løsninger som endrer det Kunz og Fischer (2019) påpeker, at bransjen ligger etter. Jeg mener at samtlige involverte i prosjekteringsprosessen burde holde jevnlig idémyldring møter for å finne nye og innovative måter å imøtekomme problemer på. Ved å trene på bruken av den indirekte måten å nærme seg løsninger på kan prosjekteringsgruppen finne nye og bedre veier til løsninger, enten det er prosesser eller tekniske løsninger. I Norge er vårt flate hierarki til god hjelp når en kjører slike prosesser.

Opplæring og trening av lateral tenkning er nødvendig da flere av beslutningsteknikkene som nå er vanlig å benytte av norske totalentreprenører ble utviklet i en tid før VDC. Eksempelvis lappeteknikken, utviklet som en del av LC på 2000 tallet og baserer seg på å visualisere ved bruk av post-it lapper og tydeliggjøre prosjektet og aktørens behov (Kalsaas, 2017). Ser en på målingene til I1, I2 og I3 fra kapittel 5.2 finner en blant annet ICE1 i figur 10 der ønsket resultat av ICE-møtet er satt til kun 75 prosent av planlagt agenda, eller ICE1 i figur 13 er målet at kun 70 prosent av planlagte saker løses i løpet av ICE-sesjonen. Dette kan ansees som relativt lave målsetninger, men jeg mener dette ikke kommer av spesielt lave forventninger satt av informantene, men en konsekvens av manglende innovative grep tatt i byggenæringen generelt. Erfaringsmessig har informantene god erfaring med bruken av MMI blant

annet påpeker IB1 at MMI gjør det lettere å ta ut grunnlaget og påpeke mangler, og IB4 har erfart at god bruk av MMI gir økt kontroll. kanskje idémyldringsmøter om fysisk planlegging med basis i MMI-prinsippene fremprovoserer løsningsalternativer som endrer felles beslutningstagning og gagnar prosjekteringsprosessen på sikt.

6.3 Ufullstendig prosjektering

Ufullstendig prosjektering er en konsekvens av både dårlig tverrfaglig kommunikasjon og dårlige prosesser for beslutningstagning og er ofte relatert til grensesnittproblematikken, spesielt i grensenettet mellom prosjektering og produksjon (Westgaard mfl., 2009). VDC-rammeverket inneholder flere elementer som kan utnyttes for å forbedre prosjekteringsprosessen og endre håndtering av informasjon i grensesnitt. Noen utenforliggende aspekter er også med på å øke behovet for restrukturering og håndtering av grensesnittene. VDC-metodikken skiller seg fra tradisjonelle gjennomføringsmetoder på flere måter, men endrer fokuset på bruken av målinger og hvordan dette kan utnyttes for å skaffe oversikt og kontroll over prosjekteringsprosessen og gi statistikk som tydeliggjør mangler og forsinkelser. Kunz og Fischer (2019) mener at i større tverrfaglige samarbeid må prosessene rundt VDC-rammeverket helst insentivere for kunnskapsdeling, dette mener de kan kreve en endring av hvordan kontrakter blir brukt.

Grimsmo (2008) nevner at ufullstendig prosjektering fører til negative konsekvenser i produksjonsfasen. For å unngå forsinkelser er en nødt til å videreutvikle prosessene og utnytte VDC-rammeverket. Dette er viktig fordi en helhet, klarhet og et fullverdig kommunikasjonssystem reduserer informasjonstap og minimerer avvikene (Østby-Deglum mfl., 2013). For å fremskaffe et fullverdig produksjonsunderlag er prosjekteringsgruppen nødt til å forholde seg til de andre disiplinenes mål og krav til utførelse. En kan ikke tilrettelegge for sine medprosjekterende uten å være oppmerksom på hva de trenger for å utføre sitt arbeid. Et fullverdig produksjonsunderlag kan ses på som resultatet av en prosjekteringsprosess der kommunikasjonsgraden er høy, og beslutningstagningen foregår i felleskap. Likvel er prosjekts unikhet noe som gjør at endringer er uunngåelig, både i prosjekteringsprosessen og produksjonsfasen, og det må derfor være rom for at målsetninger endres og delmål justeres (Hermundsgård, 2020). Dersom dette ikke foregår i felleskap mener jeg en kan oppnå det IB2 kaller beslutningsloop, eller Østby-Deglum mfl. (2013) kaller venteloop.

6.3.1 Målinger

Fra teorien fremkommer det at ufullstendig prosjektering er den største utfordringen i grensenettet mellom prosjektering og produksjon (Svalestuen mfl., 2017). Westgaard mfl. (2009) påpeker at når aktører går inn eller ut av prosjekteringsgruppen, det som kalles fasevis grensesnitt, flest problemer oppstår. Østby-Deglum mfl. (2013) nevner at i de faglige grensesnittene vil dårlig kommunikasjon skade resultatet til samtlige fag og prosjektet i sin helhet. Hvis grensesnittene ikke blir håndtert godt nok vil forsinkelser på byggeplass bli et faktum (Grimsmo

mo, 2008). Det viser seg blant informantene at bruken av PPU er vanlig i prosjekteringsprosessen for diverse målinger for å opprettholde kontroll. Erfaringsmessig er informantene fra bransjen noe splittet på hvorvidt en bør vise frem resultatene til enkeltpersoner på en tavle eller ikke. IB5 poengterer at det synliggjør parametere som tydeliggjør hva som er viktig i prosjektet, men at det kan bli litt “public shaming” for de som oppnår dårlige målinger.

En tavle eller dashboard med navn som viser PPU kan ifølge erfaringene fra bransjen gi flere utfall. Det kan virke motiverende for enkeltpersoner å bli lagt merke til på en hyggelig måte ved å vise frem resultatene sine. Det kan med andre ord fremdrive stolthet for godt arbeid og dyrke frem en god arbeidskultur. IB5 har også erfart at en felles tavle kan ha en uheldig konsekvens i situasjoner der de som ikke klarer å nå PPU målsetningene føler seg uthengt eller opplever “public shaming”. Det kan tenkes at når en implementerer VDC vil det være varierende utgangspunkt blant deltagerne. De som har størst tiltro til VDC-rammeverket vil kanskje være mer positive for å visualisere PPU’en på en slik tavle. På den andre siden vil de som er mer reserverte i forhold til rammeverket øke sin misnøye om de i tillegg skulle bli uthengt. Dette kan skape en større splittelse mellom ildsjelene og de mer skeptiske. Det kan dermed være lurt for Consto og andre bedrifter i samme situasjon å trå varsomt når det kommer til visning av PPU og andre personlige målinger på en felles tavle. Eventuelt gjøre som IB2 som har valgt å predefinere 6-7 grunner til forsinkelser for å bruke det som utgangspunkt i en rotårsaksanalyse. På den måten forblir det anonymt, men har fortsatt det som trengs for å finne hvor feilen oppsto.

Flere av informantene fra bransjen har erfart at MMI er et viktig hjelpemiddel for å opprettholde kontroll og redusere ufullstendig prosjektering. Knotten og Svalestuen (2014) understreker at målinger forbedrer prosjekt- og styringskontroll ved at endringer som ikke fungerer tilfredsstillende identifiseres og bearbeides. I den forbindelse har I2 innført målinger knyttet til MMI-leveranser for å håndtere modenheten av arbeidsgrunnlag og sikre at produksjonsunderlaget er klart tidsnok. Digitalisering av produksjonsunderlaget er et tiltak som bransjen benytter, men erfaringen til IB5 er at “du har tegningsunderlag i BIM, men må bruke tid og ressurser på å fremkalle det i et format som er dårligere”. Dette for å gjøre det forståelig for kunden, og at det skal passe myndighetenes rutiner, forventinger og kompetansenivå. IB1 påpeker i tillegg at god bruk av MMI gjør det lettere å påpeke eventuelle mangler ved å henvise til modellen. Jeg mener at de som har god kunnskap om VDC og de teknologiske verktøyene har stor tro på at rammeverket har potensial til å redusere mange av totalentreprenørenes ufullkommenheter. Det vil fremdeles være et stort behov for kompetanseheving, da kun anslagsvis 30 prosent i byggenæringen benytter VDC-komponenter (Kunz & Fischer, 2019).

Rischmoller mfl. (2018) nevner at en ikke kan påstå at en benytter VDC dersom en anvender delene i isolasjon kontra integrert (se figur 11). Det vil dermed være nødvendig å fokusere på helheten av VDC-rammeverket for å forbedre prosjekteringsprosessen. Kalsaas (2017) påpeker at planene som lages i eksempelvis ICE-sesjoner bør benytte riktig kompetanse på rett

tid og involvere de som skal utføre selve arbeidet. Den praktiske gjennomføringen av dette mener jeg blir vanskelig å utføre i tråd med Østby-Deglum mfl. (2013) sin begrensning på sju personer i et slikt stjernenettverk. Da vil koordineringsbehovet bli for stort, men Kalsaas (2017) hevder at planene som utarbeides i fellesskap resulterer i bedre planer. Dermed kreves det verktøy som gjør at aktørene kan omforene sine behov og samkjøre produksjon- og beslutningsgrunnlaget uten å øke koordineringsbehovet. Autodesk (2020) understreker at heldigitaliserte produksjonsunderlag forbedrer beslutningsgrunnlaget, bygningsanalyser og koordinering blant involverte deltagere. Dermed kan en heving av modelleringskompetanse blant deltagere gjøre at det såkalte stjernenettverket kan utvides uten større behov for å bruke mer tid til koordinering. Bedrifter i samme situasjon som Consto bør derfor samkjøre alle involverte i tidlig prosjekteringsfase, og kurse de med lav kompetanse i det modelleringsprogrammet som ble avklart under det IB4 kaller ambisjonsplanleggingen.

6.3.2 Faginndelte entrepriser - Et feilskjær?

Ifølge Innovasjon Norge (2015) har prosjekter definerte mål og en prosjektorganisasjon som er ansvarlig for gjennomføringer og leveranser. Hvordan målene nås er opp til prosjektets involverte parter, men funksjonene og ønskene kunden definerer er sentralt for start- og sluttpunktet for prosjektet. Kunden etterspør eksempelvis godt inneklima og setter høy prioritering på det. Da er det opp til totalentreprenøren, i en totalentrepriskontrakt, å danne et fullverdig produksjonsunderlag basert på det de kontraherte underentreprenørene, konsulentene og rådgiverne leverer. De enkelte fagene skal sys sammen slik at de individuelle fagene og deres respektive tekniske installasjoner integreres for å imøtekomme funksjonsbeskrivelsen til kunden. Hvorvidt dette er den beste måten å løse prosjekter på kan diskuteres.

IB2 er klar på at de benytter VDC-rammeverket for alt det er verdt. Ved å fokusere på tverrfaglig kommunikasjon og gode beslutningsprosesser ønsker totalentreprenørene å oppnå et godt beslutnings- og produksjonsunderlag. I1, I2 og I3 har hver sine implementeringsstrategier som fokuserer på å redusere antall feil i tekniske tester, minimere beslutningstid, og øke verdien av samspillsfasen og detaljprosjekteringen respektivt. Noe jeg mener kan virke som et hinder i å oppnå disse målene er den faginndelte entreprisformen som er normen i byggenæringen. Det kan virke naturlig i dag at bransjen er delt inn i entrepriser per fag, men det økte behovet for tverrfaglig samarbeid har tydeliggjort ulempene med denne tilnærmingen. Ifølge DFØ (2020) ender skisseprosjekteringen når kunden og brukerne er tilfreds med definerte mål og rammer. Dermed kan en argumentere hvorvidt "målet" kunden definerer er funksjonsbeskrivelser eller fagspesifikke løsninger, hvor det ikke er utenkelig å forvente at kunden etterspør en funksjon. Det ville vært gunstig å undersøkt fordelene ved å dele opp entreprisene etter funksjon fremfor fag.

Lombardo og Øie (2020) snakker om at VDC egentlig er et kompenserende tiltak for dysfunksjonelle entreprisformer, og entrepriser organisert etter faglige inndelinger fremmer de enkeltes fag og roller og hindrer fokuset på det egentlige målet: kundens beste verdi. Det-

te understøttes av IB6 sitt utsagn “det er ikke de enkelte aktører som skal jobbe for å få mest utav prosjektet selv, men samarbeid for å skape det beste prosjektet”. funksjonsbaserte entrepriser reduserer antall grensesnitt, resulterer i bedre integrerte system og minimere antall omkamper og omprosjekteringer (Lombardo & Øie, 2020). En slik endring reflekteres i det Kunz og Fischer (2019) nevner med at VDC krever at samarbeidskontrakter benyttes på en annen måte enn i dag. Samtidig har IB1 erfart at VDC har størst utbytte når kunden forstår verdien av VDC og samspillet er kontraktuelt forankret. Derfor tror jeg at faginndelte entreprisformer bør inkorporeres i større grad, slik at samarbeid og omforente mål kan struktureres og kontrolleres bedre. Dette behovet gjenspeiles i utfordringen I1 tar opp, nemlig at de tekniske funksjonene blir dårligere grunnet lav felles forståelse og dårlig samarbeid i prosjekteringsprosessen.

For full utnyttelse av VDC mener jeg må en kunne tilrettelegge for å dele risiko og muligheter basert på mer enn bare tillit. Med en endring til funksjonsinndelte entrepriser behøver en ikke nødvendigvis å endre entreprenørene til å være funksjonsbaserte i seg selv, men at strukturen i kontraktene fremhever funksjonen fremfor faget. På den måten vil en kunne kontraktuelt samle fagene om å levere en velfungerende funksjon, eksempelvis godt innklima, for det beste mulige resultatet for kunden. Dagens prosjekteringsprosess er preget av for mange grensesnitt mellom de forskjellige aktørene som gjør beslutningstaging og tverrfaglig kommunikasjon mer komplisert enn ved funksjonsinndelte entrepriser. Med den nye måten å strukturere kontraktene på vil en danne et grunnlag for å unngå silotekning, som Baumann (2016) definerer ved at ulike aktører arbeider og prioriterer annerledes enn andre. Silotekningens ulikheter skaper forvirringen og gjør at budskapet forvrenges (Baumann, 2016). Dette strider mot det IB6 mener er hensikten med økt samspill, minimere variabilitet. Derfor mener jeg at en funksjonsinndelt kontraktstruktur vil være gunstig for å fremme et bedre samspill i prosjekteringsprosessen og forene aktørene kontraktuelt. Et slikt behov gjenspeiles i resultatene til ICE1 figur 20 der I2 ikke når målene som er satt for ønsket resultat fra agenda. Her kan den lave produktiviteten muligens skyldes suboptimalisering eller silotekning.

6.3.3 Prosjekteringsprosessens avkastning

Knotten (2017) presenterer i sin forskning gevinsten av å involvere deltagere tidlig. Han forklarer at problemer som oppstår kan løses allerede i prosjekteringsprosessen. I den forstand mener jeg at VDC-rammeverkets definisjon har glemt en viktig faktor. Ethvert byggeprosjekt går gjennom en lang rekke faser som Meland (2000) viser i figur 2. Byggeprosjektet går gjennom tre hovedfaser som alle har hver sin hovedfunksjon, men jeg mener det gode samarbeidet som potensielt bygges i prosjekteringsfasen har stor betydning for påfølgende faser. Samarbeidet som bygges tidlig påvirker hvordan produksjonsfasen arter seg, men det er lite forskning på hvordan en velhåndtert prosjekteringsfase tilrettelegger for en god slutfase. En fullverdig prosjekteringsprosess har gevinster utenom de som fremkommer i prosjekterings-

prosessen og produksjonsfasen.

Prosjektet blir overført fra totalentreprenør til byggherre i løpet av fasene etter produksjon. Meland (2000) påpeker at det er faser etter ferdigstilt produksjon som er til for å ivareta det som forklares med levetidsbegrepet til bygget. Det betyr at prosjektering og produksjonsteamet må overføre bygget til byggherre, noe som gjøres ved å lage FDV-dokumentasjon. Her beskrives det hvordan byggherre og sluttbrukeren skal forvalte, drifte og vedlikeholde bygget (Meland, 2000).

Det kan oppstå problemer når aktørene i slutfasen skal avslutte sitt arbeid og formelt overlevere produktet til kunden. Uklarheter som skyldes dårlig kommunikasjon og dårlige beslutningsprosesser resulterer i ufullstendig prosjektering og skaper problemer i overleveringen. Dette ser en igjen i II sine erfaringer med at det oppstår “problematikk og forstyrrelser i overlevering av bygg på grunn av liten felles forståelse av funksjoner sett opp mot kunde- og prosjektmål”. Altså, uklare forventninger skapt i prosjekteringsprosessen resulterer i en problematisk overlevering. Derfor må definisjonen av VDC utfordres til å insentivere for en mer sømløs overgang fra totalentreprenør til kunde og sluttbruker ved å inkorporere en startpakke som fordrer felles forståelse og økt eierskap.

Dersom det i prosjekteringsfasen dannes god kommunikasjon og klare og tydelige retningslinjer, vil de uforutsette problemene som dukker opp i slutfasen reduseres. Erfaringene til IB1 er at folk tidvis sier ja for å få folk til å slutte å mase. Det er dermed grunnlag til å tro at ikke alle aktører er oppriktige i forhold til gjøremål og ansvar, som kan koste dyrt i slutfasen da endringer kommer med størst tilknyttet kostnad (Samset, 2000). Dette understøttes også av Bygg21 (2019) sitt utsagn om at “*norsk byggnæring fremdeles opplever byggefeil, kostnadsoverskridelser og prosjekter som ikke gjennomføres på tiden og eller til kundens tilfredshet. I slutfasen kan det tenkes at prosjektets tilgang på penger er lav og deltagerne begynner å bli slitne og klare for å bli ferdig med prosjektet*”. Ved å samkjøre prosjektet ved å bruke VDC-rammeverket vil bedrifter som Consto oppleve en forbedring også i slutfasen på grunn av en god prosjekteringsprosess. Dette mener jeg kommer av at kommunikasjonen som dannes tidlig tilrettelegger for at aktørene ikke havner i konflikter senere når endringer har høy kostnad, som figur 4 viser er kostnaden av kvalitetsdata høyere senere ut i prosjektet.

Constos tre VDC implementeringsplaner handler i likhet med teorien om å involvere og danne “felles kjøreregler” (Kunz & Fischer, 2019). På bagrunn av dette mener jeg at involveringen og tillitsbyggende ICE-sesjoner skaper en kultur som fremmer en annen oppførsel enn i tradisjonelle prosjektgjennomføringsmodeller. En oppførsel som gjør at slutfasen blir håndtert bedre, basert på en god prosjekteringsprosess. Med andre ord mener jeg at kontrollen og samspillet som VDC tilrettelegger for i prosjekteringsprosessen, resulterer i en slutfase tuftet på enighet og samhold, fremfor suboptimalisering og silotekning.

7 Konklusjon

I dette kapittelet fremstilles konklusjonen basert på oppgavens tidligere kapitler. Problemstillingen som besvares er:

«Hvilken innvirkning har Virtual Design and Construction på prosjekteringsprosessen hos norske totalentreprenører?»

Kapittelet tar for seg hvilke erfaringer bransjen har gjort og presenterer hvordan erfaringene av Virtual Design and Construction implementeringen har påvirket prosjekteringsprosessen. Det fokuseres på å besvare tre forskningsspørsmål. Til slutt fremlegges begrensninger og forslag til videre forskning.

7.1 Hva er Virtual Design and Construction?

Virtual Design and Construction er et rammeverk som setter kjente og moderne teknikker og verktøy i system for å maksimere kunde verdi. Sentralt i VDC-rammeverket er møtestrategien Integrated Concurrent Engineering (ICE), som samlokaliserte prosjekteringsgruppen for å kunne ta fortløpende beslutninger i felleskap. Tredimensjonale modelleringsverktøy blir benyttet for å fremvise beslutningsgrunnlag og målinger og project production management-elementer blir tatt i bruk for å sikre kontroll, forutsigbare planer og byggbart produksjonsunderlag.

ICE-møter er samlokaliserte møter med involverte parter for å effektivisere prosjekteringsprosessen. Møterommet skal helst være romslig nok til å utføre fysiske planleggingsmetodikker og inneholde to interaktive skjermer for fremvisning av bygningsinformasjonsmodellen (BIM). Det burde også være tilstrekkelig plass for å avholde breakout-sessions.

BIM er en integrert tredimensjonal modell sammensatt av aktørenes individuelle innspill og tekniske løsninger og system. Ved høy implementeringsgrad har BIM potensialet til å forbedre plan, prosjektering, bygning og drift. BIM er kompatibelt med Industry Foundation Classes-filer som er lesbart i BIM programmer som brukes for diverse digitale analyser og krasjkontroller og kan inkorporere fremdriftsplan og kalkyler i modellen. BIM er en viktig informasjonskilde og inneholder mer enn bare geometriske fremstillinger.

Project production management omhandler hvordan en kontrollerer og organiserer produksjonen, og er i stor grad basert på Lean Construction sitt Last Planner System som utgjør planstrukturer for å sikre at aktiviteter foregår uhindret til riktig tid og utføres med riktig kompetanse og materialer. I forhold til VDC skal det sikre et byggbart produksjonsunderlag basert på involverende planlegging.

Målinger er sentralt for å avdekke feil og mangler i prosesser. God bruk av målinger forbedrer prosjektkontroll og styring ved at ufullkommenheter blir avdekket. Prosent planlagt utført benyttes ofte som en måling på hvor mye som blir gjort av det som er planlagt. Andre

målinger settes av ledelsen, eller knyttes til sluttresultater eller måler prosjektets helhetlig ferdigstillelse.

7.2 Hvilke erfaringer har norske totalentreprenører med bruken av Virtual Design and Construction?

Erfaring fra byggenæringen sier at for å få en vellykket VDC implementering er det viktig at alle deltagerer er kompetente og kommer godt forberedt til ICE-sesjonene. Dette sikrer at beslutningstager har mulighet til å fatte beslutninger på stedet, men krever at flere har modelleringsferdigheter. Målinger har vist seg å være effektivt for å motivere deltagerne, så lenge det er grundig gjennomtenkt hvordan resultatene legges frem. I kombinasjon med BIM har modellmodenhetsindeksen vist seg å være effektivt og godt egnet for å få aktører til å dele hverandres virkelighet på.

Norske totalentreprenører opplever at beslutningsvegving blant beslutningstagere skjer. Det fremkommer at det er mindre kompetanse blant byggherrer i VDC, og uvitenhet om hva VDC-implementering betyr for deres fysiske tilstedeværelse. VDC krever at kunden er mer fysisk inkludert i prosjekteringsprosessen, og prosjekteringslederen må arbeide mer proaktivt enn tidligere. Ved anvendelse av VDC-metodikk handler det i større grad om å tilrettelegge og jobbe mer proaktivt.

Erfaringene understreker at prosjekteringsprosessen i bunn og grunn handler om god kommunikasjon. Næringen opplever at VDC-rammeverket er et velegnet system for å oppnå potensialet til BIM og at ICE-sesjonene er tillitsbyggende og oppklarende møter. På tross av disse gevinstene er grensesnittproblematikken fremdeles et faktum.

I visse situasjoner oppstår det beslutningslooper, der både beslutningstager og aktør i prosjekteringsgruppen avventer svar fra sin motpart for å komme videre. Det er også opplevd forhold der deltagerer sier ja for å unngå mas, og avgir positive svar på etterspørsler selv om en er klar over at kapasiteten ikke strekker til. Norske totalentreprenører føler også at det ikke er mulig å hente ut VDC's fulle potensial uten å endre på kontraktsstrukturen. Kontraktene må benyttes slik at det muliggjør delt risiko og oppside.

7.3 Hvordan kan anvendelsen av Virtual Design and Construction bidra til å forbedre prosjekteringsprosessen i Consto Midt-Norge AS?

Gjennom oppgavens fokus på tre problemområder er det funnet en rekke tiltak som kan forbedre prosjekteringsprosessen ved anvendelse av VDC for Consto Midt-Norge AS.

I forhold til tverrfaglig kommunikasjon vil det være gunstig å opprette uformelle kommunikasjonskanaler, dette kan styrke og forene prosjekteringsgruppen i kombinasjon med ICE-sesjonene. For å unngå kommunikasjonsvikt bør det foreligge en ambisjonsplan som er de-

finert og utfylt i oppstartsfasen, noe som vil skape et forutsigbart startpunkt og klare forventninger. Modellmodenhetsindeksen har verdi også utenfor de tredimensjonale modelleringsverktøyene, blant annet for å kommunisere modenhet av fremdriftsplan, kalkyler og beslutningsplaner. Tidlig definering av modenhets-nivåer gir forutsigbarhet og muligheten til å bruke modellmodenhetsindeksen som et språk på tvers av aktører.

Basert på dagens beslutningsprosesser anbefales det å innføre et system basert på parallell tenkning. Teknikken understøtter VDC-rammeverkets formål og felles beslutningstagning. Ved bruken av parallell og lateral tenkning vil en kunne fatte effektive beslutninger i et system som er robust til å fungere i alle prosjekt. Dermed bør Consto innføre jevnlig møter med prosjekterende stillinger for å utfordre og spørre hvorfor en gjør som en gjør. Dette kan være en løsning på å forbedre prosjekteringsprosessen.

For å skape en forbedret prosjekteringsprosess gjennom anvendelsen av VDC bør Consto sende flere av sine ansatte på kursing og opplæring. Eventuelt interne kurs og sidemannsopplæring. Det er vanskelig å benytte VDC for alt det er verdt, uten at alle er godt innforstått med rammeverket. Derfor bør Consto også ansatte eller tildele en ansatt hovedansvaret som VDC-manager. Rollen skal lage maler, veiledere og definere mål og suksesskriterier.

For å unngå ufullstendig prosjektering er god bruk av målinger sentralt. Her må en prøve seg litt frem for å teste hva som skaper mest motivasjon og avdekker gjentakende feil eller mangler. Erfaringen fra bransjen er at en må være oppmerksom på at VDC ikke når sitt fulle potensial uten at en kan forankre samspillet risiko og muligheter kontraktuelt. Derfor vil det være gunstig å utfordre næringen til å fokusere på funksjonsinndelte fremfor fagindelte entrepriser.

Ved å fokusere på å opprette gode kommunikasjonskanaler og øke involveringen, vil variabiliteten i prosjekteringsprosessen reduseres og gevinsten i påfølgende faser øke. Sluttfasens overlevering vil ha stor nytte av de tidlige avklaringene og kommunikasjonen som VDC-implementeringen fremmer, og potensielle konflikter unngås på grunn av VDC-anvendelsen.

7.4 Videre forskning

I denne studien er det funnet sammenheng mellom VDC og prosjekteringsprosessen, men sammenhengen og innvirkningene bør styrkes gjennom ytterligere empiri. I denne oppgaven er det samlet empiri på et avgrenset tidsintervall, og det har blitt lite fokus på oppfølging av resultater fra intervjupersonene. Derfor kan det være av interesse å se på utviklingen både i bedriftene, men også i andre faser av byggeprosjekter. Innsamlet data er hentet fra nøkkelpersoner i byggenæringen som har god erfaring og høy kompetanse av rammeverket.

Studien tar utgangspunkt i norske totalentreprenører, men det er kun benyttet eksperter og ildsjeler av VDC ved innhenting av data. Videre kunne en innhente data fra mindre bedrifter som har et annet utgangspunkt og andre problemer. Dette kan også være interessant å

undersøke samme problemstilling, men med fokus på byggherre.

Denne masteroppgaven har fokusert på tre hovedproblemer som byggenæringen møter i prosjekteringsprosessen.; tverrfaglig kommunikasjon, beslutningstagning og ufullstendig prosjektering. Det kan være interessant å ta for seg andre problemområder og utforske hvordan de har påvirket prosjekteringsprosessen. Eksempelvis vil en dypere undersøkelse av funksjonsbaserte entrepriser og bruken av lateral tenkning endre prosesser og muligens fremprovosere nye og bedre løsninger. Det ville vært interessant å følge en praktisk implementering av seks tenkehatt-teknikken i Integrated Concurrent Engineering-sesjoner og undersøkt hvordan dette påvirker beslutningstagning når deltagerne har fått opplæring og trening.

Det kan tenkes at å intervju og undersøke andre områder enn norske totalentreprenører kan gi resultater som ikke stemmer overens med funnene vist her. Med tanke på mengde ressurser som går inn i byggenæringen kan det derfor være interessant å se på effekten av VDC implementeringen i samferdselsprosjekter.

VDC er et rammeverket som øker samspillet i prosjekter, og en viktig del av den økende fragmenterende og komplekse næringen. Prosesser og produkter skal på samfunnsmessig basis imøtekomme økende mål og forventinger til bærekraftige løsninger. Hvordan VDC bidrar i kampen mot global oppvarming ville derfor vært interessant å forske på. Et annet perspektiv som ville vært interessant å forskere videre på er hvordan VDC øker kunnskapsdelingen i prosjekter. Det er mye kunnskap som går tapt, som kan utnyttes bedre for prosjektets beste.

Referanser

- Autodesk. (2020). *Designing and Building Better with BIM*. <https://www.autodesk.com/solutions/bim> (Hentet: 21.10.2020)
- Baumann, J. (2016). *Riv siloene!* (Hentet: 05.04.2020).
- Boton, C., Pitti, Y., Forgues, D. & Iordanova, I. (2020). Investigating the challenges related to combining BIM and Last Planner System on construction sites. *Frontiers Engineering Management*. <https://doi.org/10.1007/s42524-019-0086-4>. (Hentet: 24.11.2020)
- Brodshaug, M. (u.d.). *Avanserte litteratursøk*. <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Avanserte+litteraturs%C3%B8k#section-Avanserte+litteraturs%C3%B8k-Trunkering> (Hentet: 5.10.2020)
- Bygg21. (2019). *Samhandling i byggeprosjekter*. (Hentet: 05.03.2020).
- Charef, R., Alaka, H. & Emmitt, S. (2018). Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views. *Journal of Building Engineering*, 19, 242–257. <https://doi.org/10.1016/j.job.2018.04.028>. (Hentet 21.10.2020)
- Codex Advokat og Entrepriserettsadvokater.no. (2020). *Viktige begreper og definisjoner i forbindelse med byggeprosjekter*. <https://www.entrepriserettsadvokater.no/sameier-og-borettslag/viktige-begreper-og-definisjoner-i-forbindelse-med-byggeprosjekter/#prosj> (Hentet: 23.10.2020)
- Dalen, M. (2015). *Validitet og reliabilitet i kvalitativ forskning*. <https://www.uio.no> (Hentet: 19.02.2021)
- Dalland, O. (2020). *Metode og oppgaveskriving*. Gyldendal. (Hentet 06.01.2021).
- Davis, D. (2013). *Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture* (Doktoravhandling). RMIT University. (Hentet 18.01.2021).
- de Bono, E. (1999). *Six Thinking Hats - Run better meetings, make faster decisions*. Pearson. (Hentet 01.03.2021).
- de Bono, E. (2016). *Lateral Thinking*. Penguin Books Ltd. (Hentet 25.03.2021).
- DFØ. (2020). *Skisseprosjekt bygg og anlegg*. <https://www.anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg/konseptutvikling-og-bearbeiding/skisseprosjekt> (Hentet: 28.10.2020)
- DiBK. (2021). *Tilsyn - Prosjekteringsprosessen*. <https://dibk.no/Templates/DIBK/Pages/Veiledninger/Print/PrintChapter.aspx?chapterId=29198> (Hentet: 22.01.2021)
- Engebø, A. (2020). *Intro til metode - en praktisk innføring*. <https://ntnu.blackboard.no> (Hentet: 5.10.2020)
- Fløisbonn, H., Skeie, G., Uppstad, B., Markussen, B. & Sunesen, S. (2018). MMI - Modell Modenhets Indeks. <https://www.rif.no/wp-content/uploads/2018/11/mmi-modell-modenhets-indeks.pdf>. (Hentet 27.10.2020)
- Grimsmo, E. (2008). Hvordan unngå prosjekteringsfeil. *Byggekostnadsprogrammet*. <http://v1.prosjektnorge.no/files/pages/362/hvordan-unng-prosjekteringsfeil-original->

- 040309 . pdf#: ~ : text = Prosjektet % 20 % E2 % 80 % 9DHvordan % 20unnng% C3 % A5 % 20prosjekteringsfeil% E2 % 80 % 9D % 20er % 20utviklet % 20av % 20COWI, for % 20prosjektering % 20i % 20alle % 20faser % 20av % 20et % 20prosjekt.. (Hentet 12.11.2020)
- Grytting, I., Svalestuen, F., Lohne, J., Sommerseth, H., Augdal, S. & Lædre, O. (2017). Use of LoD decision plan in BIM-projects. *Procedia Engineering*, 196, 407–414. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.217>. (Hentet 15.09.2020)
- Grønmo, S. (2020). *Innholdsanalyse*. <https://snl.no/innholdsanalyse> (Hentet: 23.03.2021)
- Guttormsen, T. & Linnerud, H. (2020). *VDC i prosjektering og dens innvirkning på produksjonen - TBA4530 Prosjektrapport*. (Hentet: 12.02.2020).
- Hermundsgård, M. (2020). *Integrated Concurrent Engineering - Samtidig prosjektering for byggeprosjekter - Veileder*. http://v1.prosjektnorge.no/files/pages/635/artikler/veiledere/a5_veileder-ice.pdf (Hentet: 09.11.2020)
- Innovasjon Norge. (2015). *Fra idé til resultat - Prosjektlederprosessen*. <https://www.innovasjon Norge.no/globalassets/regional-omstilling/verktoy/plp-brosjyre-2015.pdf> (Hentet: 21.01.2021)
- Jalali, S. & Wohlin, C. (2012). Systematic literature studies: Database searches vs. backward snowballing. *Proceedings of the ACM IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, 29–38. <https://doi.org/10.1145/2372251.2372257>. (Hentet 5.10.2020)
- Johannessen., A., Tuft, P. A. & Christoffersen, L. (2019). *Introduksjon til samfunnsvitenskaplig metode*. Abstrakt forlag. (Hentet 22.02.2021).
- Johannessen, Ø. (u.d.). *PDCA – Plan Do Check Act*. <https://pdca.no/> (Hentet: 12.11.2020)
- Kalsaas, B. T. (2017). *Lean Construction: Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon*. Fagbokforlaget. (Hentet 20.10.2020).
- Knotten, V. (2017). *Building design management in the early stages* (Doktoravhandling). NTNU. (Hentet 19.10.2020).
- Knotten, V. & Svalestuen, F. (2014). Implementing Virtual Design and Construction (VDC) in Veidekke - Using Simple Metrics to Improve the Design Management Process. *Proceedings of the 22nd Annual Conference of the International Group For Lean Construction*, 3. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-1891078f-e2db-477d-8fa8-7de350e0b2f0.pdf>. (Hentet: 14.11.2020)
- Kormann, H. & Suberg, B. (2021). To Create a Sense of Urgency. *Topics of Family Business Governance. Management for Professionals*. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-58019-3_10. (Hentet: 14.11.2020)
- Kunz, J. & Fischer, M. (2012). WP097: Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions. <http://purl.stanford.edu/gg301vb3551> (Hentet: 13.11.2020)
- Kunz, J. & Fischer, M. (2019). Virtual design and construction. *Construction Management and Economics*, 38, 355–363. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1714068>. (Hentet 4.11.2020)

- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju*. Gyldendal akademisk. (Hentet 22.02.2021).
- Linge, G. N. (u.d.). *Hva er egentlig ... VDC*. <https://relasjon.skanska.no/hva-er-egentlig-vdc/> (Hentet: 09.11.2020)
- Lombardo, S. & Øie, L. (2020). *Innovasjonslederen*. [Podcast] *Slutt med silotenkning - Vil ha funksjonsbaserte entrepriser*. <https://shows.acast.com/innovasjonslederen-med-sebastiano-lombardo/episodes/leif-ie-episode-7> (Hentet: 15.04.2021)
- Meland, Ø. (2000). *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen: Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko*. NTNU, Fakultet for bygg- og miljøteknikk. (Hentet 09.09.2020).
- NTNU Universitetsbiblioteket. (2020). *Finne kilder*. <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Finne+kilder#section-Finne+kilder-Kontakt> (Hentet: 13.10.2020)
- Overland, J. A. (2018). *TONE - strategi for kildekritikk*. <https://ndla.no/subjects/subject:14/topic:1:185701/resource:1:169741?filters=urn:filter:80f10045-2faa-4f6f-be0f-4c7ec9618186> (Hentet: 5.10.2020)
- Plan- og bygningsloven. (2008). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling*. https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/*#* (Hentet: 28.10.2020)
- Richert, T. (2017). *What is the Last Planner System?* <https://leanconstructionblog.com/What-is-the-Last-Planner-System.html> (Hentet: 21.01.2021)
- Rischmoller, L., Reed, D., Khanzode, A. & Fischer, M. (2018). Integration Enabled by Virtual Design and Construction as a Lean Implementation Strategy. *Proc. 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), González, V.A., 240–249*. <https://doi.org/https://doi.org/10.24928/2018/0521>. (Hentet: 15.09.2020)
- Røkke, B. G. & Kristiansen, E. (2020). *Literature course from the library*. <https://ntnu.blackboard.no> (Hentet: 5.10.2020)
- Samset, K. (2000). *Early Project Appraisal - Making the Initial Choices*. London: Palgrave Macmillan UK. (Hentet 12.11.2020).
- Sporsen, T. T. (2021). *Blind tro på digitalisering kveler viktig kunnskap*. <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/blind-tro-pa-digitalisering-kveler-viktig-kunnskap/> (Hentet: 11.04.2021)
- Svalestuen, F., Knotten, V., Lædre, O., Drevland, F. & Lohne, J. (2017). Using Building Information Model (BIM) devices to improve information flow and collaboration on construction sites. *Journal of Information Technology in Construction*, 22, 204–219. (Hentet: 16.11.2020).
- Svartdal, F. (2021). *Fagfelle vurdering*. <https://snl.no/fagfelle-vurdering> (Hentet: 18.02.2021)
- Søk og skriv. (2020). *Søketeknikker*. <https://sokogskriv.no/soking/soketeknikker.html#friteksts%C3%B8k> (Hentet: 14.01.2121)
- UiO Universitetsbiblioteket. (2019). *Hva er impact factor?* <https://www.ub.uio.no/skrive-publisere/for-forskere/impact/beregn-impact-factor.html> (Hentet: 07.10.2020)
- Westgaard, H., Arge, K. & Moe, K. (2009). *PROSJEKTERINGSPLANLEGGING OG PROSJEKTERINGSLEDELSE: Rapport til Byggekostnadsprogrammet, januar 2010*. <https://www.>

sintef.no/globalassets/upload/prosjekteringsplanlegging-og--ledelse.pdf/ (Hentet: 30.09.2020)

Østby-Deglum, E., Svalestuen, F. & Dreveland, F. (2013). TBA4127/AAR4951 Prosjekteringsledelse, Kompendium. (Hentet 28.10.2020).

8 Bilag



Intervjuguide for masteroppgaven:

VDC i norske totalentreprenører for effektivisering av prosjekteringsprosessen.

Jeg heter Håvard Linnerud og skriver masteroppgave ved institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU i Trondheim. Masteroppgaven skal leveres i juni 2021 og tilsvarer 30 studiepoeng.

Utgangspunktet for denne oppgaven er at VDC blir benyttet i varierende grad i den norske byggenæringen. Flere totalentreprenører har implementert eller delvis implementert VDC i sin prosjekteringsprosess. I tillegg finnes det ingen standardiserte implementeringsmetoder som gjør at det dannes store variasjoner i utnyttelsen av rammeverket. Det finnes mangel på kunnskap og erfaring ved gjennomføringen av VDC og hva som skal til for at rammeverket skaper verdi utover tradisjonelle metoder. Denne masteroppgaven har til formål å besvare følgende problemstilling:

Hvilken innvirkning har Virtual Design and Construction på prosjekteringsprosessen hos norske totalentreprenører?

Dette skal undersøkes ved å svare på tre forskningsspørsmål:

- 1. Hva er Virtual Design and Construction?**
- 2. Hvilke erfaringer har norske totalentreprenører med bruken av Virtual Design and Construction?**
- 3. Hvordan kan anvendelsen av Virtual Design and Construction bidra til å forbedre prosjekteringsprosessen i Consto Midt-Norge AS?**

Disse forskningsspørsmålene skal besvares gjennom litteraturstudier og intervjuer med nøkkelpersoner fra Consto Midt-Norge AS og andre i bransjen med relevant erfaring og kunnskap. Intervjuene varer omtrent en time og vil være semi-strukturerte. Det betyr at det foreligger en intervjuguide, men intervjuets natur kan føre til oppfølgingsspørsmål og gransking av ledetråder som dukker opp. Spørsmålene tar utgangspunkt i å besvare masteroppgavens forskningsspørsmål og intervjupersonene bestemmer selv lengden på deres svar. På kommende sider ligger spørsmålene som er av interesse ved intervjuene.

Det vil ikke bli tatt lydopptak av intervjuene, men en oppsummering av essensen av dialogen vil bli sendt til intervjupersonen i etterkant. Dette for at intervjupersonen kan verifisere og godkjenne utsagnene før det blir publisert.

Intervjuguide

Bakgrunnsinformasjon

- Utdanning
- Bedrift
- Stilling
- Bransjeerfaring

Overordnet om VDC

- Hva er din erfaring med VDC?
- Hvordan går dere frem for å øke kompetansen innad i bedriften?
- Hva er deres mål, suksesskriterier og faktorer med VDC i forhold til effektivisering av prosjekteringsprosessen?

Implementerte VDC elementer

I hvilken grad har følgende elementer vært i bruk?

BIM

- Sanntids visualisering av oppdatert modell
- Informasjonsgraden, er informasjonen riktig og tidlig nok inne i modellen?
- Blir BIM'en tatt i bruk for krasjonkontroller og for å sikre byggbarhet og opprettholde funksjonskrav?
- MMI – se neste guide

ICE

- BigRoom, sesjonsrom, samprosjekteringsrom for forbedret og effektivisert beslutningsprosess
- Danne felles mål på tverrfaglig basis
- Hvor ofte holdes ICE-møtene, hvem er inkludert
- Felles planlegging og dannelsen av målinger
- Tidligere asynkron kommunikasjon er nå synkron kommunikasjon, raskere informasjonsspredning og avklaringer
- Redusere grensesnittproblematikken, avklare og håndtere hvordan informasjonsflyten skal være
- Aktivt bruk av breakout-sessions for å komme til avklaringer
- Hvilke definerte roller har benyttes?

Project Production Management (PPM)

- Benyttes Last Planner System?
- Utføres rotårsaksanalyse (5x hvorfor)
- Blir leksjoner og læring systematisert for videre implementering
- Beslutningsplaner, leveranseplaner, dialogmatriser, aktivitetsplaner? Hvordan sikres det at planene blir levert til riktig tid med riktig kvalitet.

Målinger

- Tiltak for å sikre en læringsprosess
- PPU for prosjekteringsprosessen
- KPI
- Møteeffektivitet

- Parameter på tillit

VDC knyttet til hindringer for en effektiv prosjekteringsprosess

I hvilken grad mener eller føler du VDC har ført til en effektiv prosjekteringsprosess ved håndteringen av følgende elementer?

Tids- og arbeidspress for prosjekterende

- Har prosjekteringslederrollen fått mer ansvar etter innføringen av VDC
- Just in time tankegangen, er det innført tiltak for å sikre at leveranser/beslutninger tas når de skal

Fragmentering og overlapping av prosjektering og produksjon

- Hvordan har innføringen av VDC endret grensesnittet mellom de fragmenterte disiplinene?
- Har det oppstått mer tillit til hverandre ved å prosjektere og planlegge mer i fellesskap?

Endringskultur

- Har samarbeidsmiljøet endret seg?
- Er aktører innenforstått med effektene en vellykket VDC implementering innebærer?
- Er det oppstått en åpenhet og erfaringsdeling som løfter frem ideer til effektivisering?
- Tas det opp forbedringer underveis i prosjekteringsprosessen når det oppstår flaskehals?

Grensesnitt i prosjekteringsprosessen

- Hvordan har prosjekteringsgjennomføringen endret seg etter VDC innføringen?
- Har VDC endret hvordan fasevise og faglige grensesnitt håndteres?
- Hvilke hindringer må imøtekommes for å videreutvikle håndteringen av grensesnittene? Hva mangler i dagens system?

Grensesnittet prosjektering og produksjon

- Hvordan oppfatter du endringene som påkommer av integrasjonen av prosjektering og produksjonsprosessene?
- Skaper VDC et miljø og relasjoner for hyppigere beslutninger?
- Redusert mangelfull/forsinket prosjektering?
- Hvordan oppfatter du oppklaringstiden på problemer som oppstår med VDC, kontra uten?

Avslutningsvis

- Har dere en prosess for å evaluere endringer som er en konsekvens av VDC?
- Føler du at VDC bidrar til å effektivisere prosjekteringsprosessen?
- Hva tenker du om en delvis implementering av VDC fremfor en helhetlig en?
- Helhetsmessig, hva ser du på som de viktigste endringene/fordelene/utfordringene?
- Føler du VDC er kommet for å bli?
- Har jeg glemt å spørre om noe som du ser på som relevant?
- Kan jeg sende notater/sammendrag til deg for godkjenning?
- Kan jeg kontakte deg for eventuelle oppklaringer/oppfølgingspørsmål?

Intervjuguide for Consto Midt-Norge.

Bakgrunnsinformasjon

- Stilling/rolle?
- Utdanning
- Bransjeeerfaring

Overordnet om VDC

- Hva er din innstilling til VDC?
- Har du benyttet VDC på tidligere prosjekter?
- Hvem sitt initiativ var det å benytte VDC på dette prosjektet?
- Hvordan har du blitt opplært i VDC? VDC sertifisering på gang?
- Har du noen mål eller forventninger med hvordan VDC skal bli benyttet på ditt neste prosjekt?
- Ambisjonsnivå, enten prosjektnivå eller organisasjonsnivå?

BIM

- Har du erfaring eller kompetanse om BIM fra tidligere prosjekter?
- Hvordan benyttes BIM i dette prosjektet?
- Har BIM'en vært brukt for å komme til beslutninger i tverrfaglige diskusjoner?
- Benyttes BIMen som produksjonsunderlag?
- Benyttes BIM'en aktivt for å komme til beslutninger/avklaring?
- Føler du at din eller andre disipliners erfaring eller kompetanse med BIM hindrer prosjekteringsprosessen?

MMI

- Benyttes model modenhet i prosjekteringsprosessen? Hvordan?
- Føler du MMI har stort potensialet i forhold til tidssparing?
- Presenteres MMI for oppdragsgiver/kunde/byggherre?
 - o Ser du for deg at det kunne skapt fordeler?
- Hvilke utfordringer med MMI har du møtt?
- Definerer dere MMI nivåene i fellesskap eller tas det utgangspunkt i RIF sin veileder?

ICE

- Benyttes ICE-sesjoner i prosjektet?
- Hvor ofte og hvem er involverte?
- Er det forhåndsdefinerte roller?
- Kan du forklare hvordan rommet dere bruker er utformet? Hva inneholder det sånn rent teknisk/teknologisk/plassering
- Benyttes breakout-sessions når det føles nødvendig/naturlig
- Føles du at ICE-sesjoner skaper en mer effektiv prosjekteringsprosess?
- Hvilke hindringer har oppstått ved implementering av ICE?
- Benyttes det en beslutningsplan som følges og lages i fellesskap?
- Noe du føler mangler i denne nye prosjekteringsprosessen? Kanskje som var bedre ved tradisjonelle metoder?
- Evner du å forberede deg godt til ICE-sesjonene? Er det tydelig hva du skal ha klart?

Målinger

- Benyttes det målinger i prosjektet?

- Benyttet dere måling før VDC? Hvilke
- Defineres/bestemmes disse målingene i felleskap?
- Hvordan føler du (felles)-målinger kan styrke prosjektet?
- PDCA? Rotårsaksanalyser? PPU?
- Føler du at vinninga går opp i spinninga?

Project Production Management (PPM)

- Benytter du Lean-filosofien i produksjonsledelsen?
- PDCA? Rotårsaksanalyser?
- Benyttes dialogmatriser? Hvem snakker med hvem for å finne ut av hva
- Fokuseres det på verdioptimalisering gjennom tverrfaglig samarbeid?
- Har dere noe system på å systematisere og ta lærdom av erfaringene dere får fra tidligere prosjekter?

Grensesnitt i prosjekteringsprosessen

- Håndteres fasevise og faglige grensesnitt annerledes nå enn før VDC?
- Har VDC skapt klarere linjer mellom fasene?
- Oppfatter du at flere aktører forstår hverandres behov?
- Hvilke utfordringer må imøtekommes for at grensesnittet håndteres bedre?

Grensesnitt prosjektering og produksjon

- Hvilke VDC elementer/verktøy benytter prosjektet for å effektivisere beslutningstaking?
- Føler du en økt tillitt mellom aktører etter innføringen av VDC?
- Oppstår det færre avvik? Færre endringsmeldinger? Mindre omarbeid? Færre omkamper?

Overordnet hindringer

- Kan BIM'en benyttes for å skaffe godkjenninger, eller må det foreligge andre ting som ikke kan tas ut av BIM'en?
- Generell motivasjon for å bidra på bransjeløftet?
- Mangel på god opplæring?
- Dallax/Drofus andre systemer, er de en bidragsyter for en helhetlig VDC implementering?
- Hva føler du om en delvis implementering, fremfor en helhetlig en?
- Føler du at VDC har gitt deg mer ansvar eller mer jobb?
- Hvem sitt ansvar var det at VDC ble implementert?

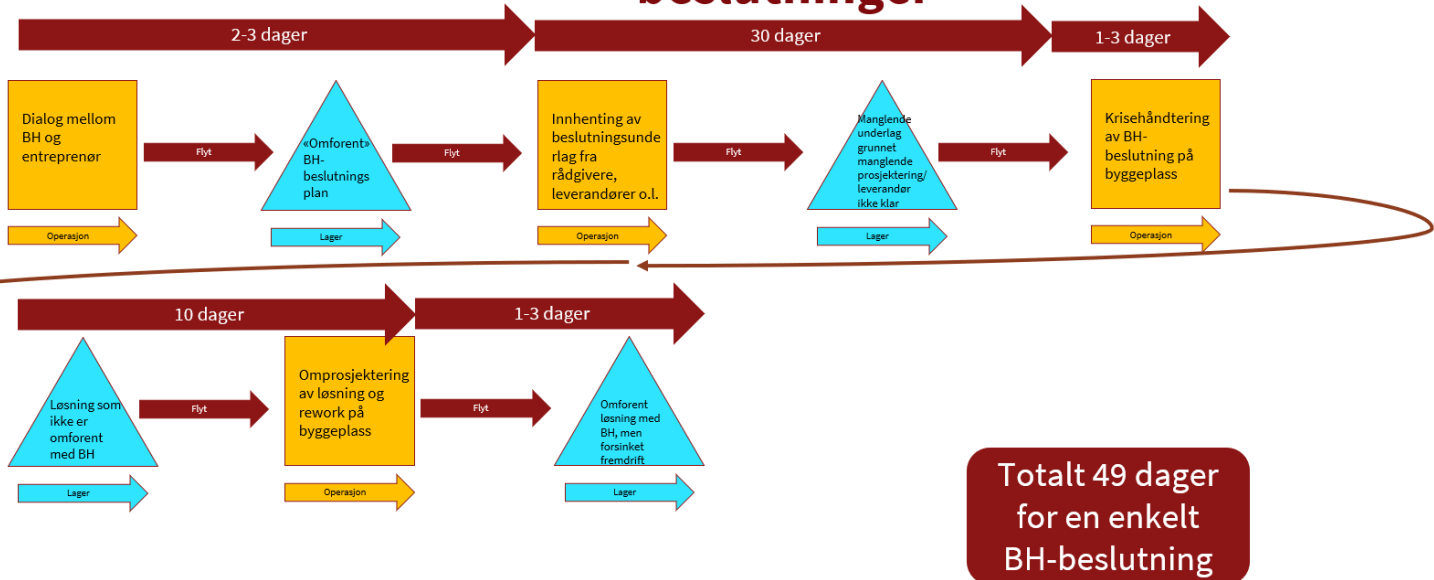
Avslutningsvis

- Føler du at VDC er kommet for å bli?
- Hva kommer du til å endre til neste prosjekt?
- Føler du at prosjekteringsprosessen har blitt kortere grunnet VDC?
- Helhetsmessig, hva ser du på som de viktigste endringene/fordelene/utfordringene?
- Noe jeg har glemt å spørre om?
- Kan jeg kontakte deg for oppklaring/oppfølgingsspørsmål?
- Kan jeg sende notater/sammendrag til deg for godkjenning?

8 Vedlegg – A

Hentet fra I2 sin månedsrapport og illustrerer prosessen til eksisterende byggherre- beslutninger, samt et forslag på hvordan prosessen kan kortes ned.

Eksisterende arbeidsprosess for BH- beslutninger



Foreslått VDC-basert prosess

