

Ulrik Hansen

MMI i prosjekteringsprosessen

Masteroppgave i Bygg og miljøteknikk

Veileder: Ola Lædre

Juni 2021

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



Norwegian University of
Science and Technology

Ulrik Hansen

MMI i prosjekteringsprosessen

Masteroppgave i Bygg og miljøteknikk
Veileder: Ola Lædre
Juni 2021

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



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

I moderne prosjekteringsprosesser vil en, i større eller mindre grad, måtte forholde seg til Bygnings Informasjons Modellering (BIM). Hvor omfattende bruken av BIM er vil variere, men de fleste aktører vil påvirkes. I en tid hvor stadig flere entreprenører får ansvar for prosjekteringsprosessen, stilles det derfor høyere krav til deres BIM-kompetanse. Modellmodenhetsindeks (MMI) ble publisert som et rammeverk som kunne forenkle planlegging og kontroll av BIM-baserte prosjektering. Rammeverket baserer seg på hvordan en kan kommunisere modenhetsutviklingen av BIM-modellers innhold. Dette gjøres ved å indeksere BIM-modeller med predefinerte modenhetsnivåer som beskriver informasjon- og geometrimodenhet. MMI er et relativt nytt rammeverk, og det er fremdeles få som praktiserer det på prosjekter. Det er gjort få studier som sier noe om hvordan bruken av MMI er, og hvilke forutsetninger som må være til stede.

Denne studien ser derfor på hvordan MMI er benyttet av en førstegangsbruker. Hensikten med oppgaven er å dokumentere bruk av MMI, og å avdekke hva som burde videreføres og videreutvikles til senere prosjekter. Denne informasjon innhentes ved å gjennomføre studier som skal svare på rapportens forskningsspørsmål. Forskningsspørsmålene er:

1. Hvordan benyttes modellmodenhetsindeks?
2. Hvilke styrker og svakheter er det med bruken av modellmodenhetsindeks?
3. Hvordan bør modellmodenhetsindeks brukes i fremtidige prosjekter?

Rapportens informasjon- og datainnhenting er gjort gjennom en litteraturstudiet og en casestudie tilknyttet et leilighetsprosjekt hos Øksnes Entreprenør. Gjennom casestudiet er det innhentet kvalitativ empiri fra syv semistrukturerte intervjuer, dokumentstudier og 16 deltagende observasjoner. I løpet av studiet har forfatter vært ansatt hos entreprenøren, noe som har gjort tilgangen til kilder lettere. Det har derimot medført at forfatter må være mer bevisst over ulike bias ved innhenting av empiri.

Funnene viser at MMI benyttes som et kommunikasjonsverktøy fremfor et planleggingsverktøy. Intervjupersonene mener at involveringsstrategi har medført inadekvat opplæring, forankring og planlegging av MMI. Av modenhetsnivåene har prosjekteringsledelsen kun benyttet nivåene som anses nødvendige for å fullføre prosjekteringen. Videre viser resultatet at prosjektet er delt inn i geografiske soner for å skape bedre oversikt. Denne inndelingen viser seg å være velegnet for å strukturere prosjekteringsmøtene. Oppnåelsen av nye modenhetsnivåer skjer sporadisk, og det kommuniseres gjennom erklæringer og målinger. Funnene viser begrenset kontroll og re-planlegging, noe som intervjupersoner erfarer skyldes manglende planlegging.

Det er gitt et forslag til bruksflyt om hvordan MMI burde planlegges, utføres, kontrolleres og re-planlegges (PDCA). Denne er basert på en oppsummerende konklusjon innenfor de respektive punktene. Last Planer System og PDCA er sentrale elementer som burde benyttes ved planlegging av MMI. Videre er det utarbeidet en ny form for prosjektinndeling kalt «kombinasjonsinndeling». Denne kombinerer soner og tekniske systemer ved å benytte prosjektnebdrytningsstruktur. Det er også viktig med analyse av MMI-nivåenes kompleksitet. Enkelte nivåer behøver tettere oppfølging og kategoriseres som iterative prosesser. Til slutt er det viktig å tidfeste modenhetsutvikling. Dette er et viktig steg for å etablere fremdriftsplaner som kan kontrolleres, og ved behov, korrigeres.

Abstract

Building information modeling (BIM) impacts design participants in modern design processes. The extent of the impact of BIM will vary, but every participant will be affected. Today, Norwegian contractors are more involved in design management due to the increase of Design-Build contracts in Norway. This has led to higher demands of knowledge regards to managing designs with BIM. The Model Maturity Index (MMI) was launched as a framework to simplify planning and control of BIM-based design. The framework uses pre-determined indexes to categorize the maturity of BIM-models information and geometry content. MMI is relatively new, and there are few users that have adopted the framework. There are conducted few studies that show how MMI is used and which preconditions that must be present.

This study explains how MMI is used by a first-time user. The aim of this study is to document the actual usage and to clarify what usage should be continued and further developed for later projects. Information is gathered with the objective of answering the pre-defined research questions (RQ's). The RQ's are:

1. How is the model maturity index used?
2. What are the strengths and weaknesses of using model maturity index?
3. How should model maturity index be used in future projects?

The collection of information and data is done by conducting a literature study, and a case study associated with an apartment project at Øksnes Entreprenør. Through the case study, is collected from seven semi-structured interviews, documents, and 16 observations as participant. At the time of study, the researcher was employed at the contractor, which made it easier to access data sources. However, due to the role in the company, the researcher had to be aware of biases while collecting data.

Results shows that MMI is used more as a framework for communication rather than planning. The interview objects claims that chosen strategy for involvement has led to inadequate training, anchorage and planning of MMI. The design management has chosen to use only the maturity indexes which were considered necessary to complete the design. The project is divided into geographical zones to create a better view of design works. This division turns out to be well suited to structure design meetings. The achievement of upgraded maturity indexes occurs sporadically, and it is communicated through declarations and measurements. The results shows that checking and re-planning are limited, which interview object claims are due to the lack of planning.

It is created a workflow on how MMI should be planned, done, checked and re-planned (PDCA). This workflow is based on the summarizing conclusions within the respective points. It is recommended that Last Planner System and PDCA are key elements in MMI-planning. Furthermore, a new form of project division called "combination division" is recommended. This combines zones and technical systems with work breakdown structure. It is also important to analyze the different MMI-indexes complexity. Some indexes needs closer follow-up and is categorized as iterative processes. Finally, it is important to date maturity development. This is an important step in establishing schedules that can be checked and, if necessary, re-planned.

Forord

Masteroppgaven er skrevet våren 2021 og er avsluttende arbeid i et 2-årig masterstudiet ved institutt for bygg- og miljøteknikk ved Norges Teknisk- Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Masteroppgaven består av tre deler, hvor *Del 1* er selve masteroppgaven, *Del 2* er en forskningsartikkel og *Del 3* er vedlegg. Forskningsartikkelen er sendt inn til godkjenning til ProjMAN-konferansen den 7. juni.

Bakgrunnen for at jeg har ønsket å studere MMI er en forelesning gjort av Fredrik Svalestuen i emne TBA4127 - Prosjekteringsledelse ved NTNU våren 2020. MMI ble introdusert som et rammeverk som bidrar til å etablere grenser og kontroll over prosjektering med BIM. Fra tidligere jobberfaringer er dette noe som har vært savnet. Det har vært en opplevelse av at det ikke har vært kjennskap til hvordan BIM-baserte prosesser skal håndteres. Høsten 2020 fikk jeg mulighet til å fordype meg i MMI gjennom fordypningsoppgave og litteraturstudier i ulike emner ved NTNU. Dette opplevdes som veldig interessant, samtidig som det viste at det var gjort få studier om tema. Dermed kom tanken om at MMI er et tema hvor jeg kunne forsøke å bidra med kunnskap.

Jeg ønsker å takke instituttveileder Ola Lædre for veiledning med artikkelens og masteroppgavens forskningsspørsmål og innhold. Dette har hjulpet meg i å kartlegge arbeidets vitenskapelige relevans og bidrag. Takk for gode diskusjoner og oppmuntrende tilbakemeldinger fra starten av forstudierapporten og frem til levert masteroppgave og forskningsartikkel.

Jeg ønsker å takke Vegard Knotten i Veidekke for veiledning i utformingen av studiets intervjuguide. Dine faglige innspill startet en tankeprosess som har medført utformingen av intervjustørsmål. Dette har bidratt til funn som har vært behjelpelig i å svare på oppgavens forskningsspørsmål.

Jeg ønsker å takke Roar Fosse i Statsbygg for gode samtaler og diskusjon rundt oppgavens tema. Takk for din hjelp i utarbeidelsen av forskningsartikkelen, og for at du satte ord på oppgavens bidrag til BAE-næringen. Det har vært et motiverende samarbeid som har økt ønske om å bidra med kunnskap til fagmiljøet.

Til slutt vil jeg takke Øksnes Entreprenør AS som har valgt å benytte MMI på et av sine prosjekter. Takk for mulighetene dere har gitt meg, og for at dere har tilbydd leseplass i utarbeidelsen av oppgaven. Uten dere hadde ikke denne oppgaven latt seg gjøre.

Trondheim, juni 2021

Ulrik Hansen

Ulrik Hansen

Innholdsfortegnelse

Del 1 - Masteroppgave	xii
Figurer	xii
Tabeller	xiii
Begrepsforklaringer.....	xiv
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn for studiet.....	1
1.2 Forskningsspørsmål	2
1.3 Avgrensninger	2
1.4 Disposisjon.....	3
2 Metode	4
2.1 Forskningsdesign	4
2.1.1 Forstudierapport og masteroppgave	5
2.1.2 Valg av forskningsdesign.....	5
2.1.3 Forskers rolle.....	6
2.2 Forskningsmetode	7
2.2.1 Litteraturstudiet	7
2.2.2 Casestudie	9
2.2.3 Intervjustudier.....	9
2.2.4 Observasjonsstudier	10
2.2.5 Dokumentstudier	11
2.3 Dataanalyse	12
3 Teori	14
3.1 Prosjekteringsprosessen.....	14
3.1.1 Avhengigheter i prosjekteringsprosessen.....	15
3.1.2 Prosjekteringsledelse	16
3.1.3 Fremdriftsplanlegging	16
3.1.4 Oppsummering av prosjekteringsprosessen	18
3.2 Prosjekteringsplanlegging med Lean	19
3.2.1 Gode iterasjoner	19
3.2.2 Last Planner System	19
3.2.3 PDCA – Demings sirkel	21
3.2.4 Oppsummering av prosjekteringsplanlegging med Lean	21
3.3 Prosjekteringsplanlegging med BIM	22
3.3.1 Samprosjektering og kommunikasjon	22
3.3.2 Planlegging og oppfølging.....	23

3.3.3	Oppsummering av Prosjekteringsplanlegging med BIM	23
3.4	Modellmodenhets.....	24
3.4.1	Level of Development	24
3.4.2	Modellmodenhetsindeks	25
3.4.3	Iterasjoner med modenhetsutvikling.....	28
3.4.4	Oppsummering av modenhetsutvikling	28
3.5	Kunnskapsgap	29
4	Resultat.....	30
4.1	Planlegging.....	30
4.1.1	Tilnærming på caseprosjekt.....	30
4.1.2	Styrker og svakheter	31
4.1.3	Videreutvikling.....	33
4.2	Utførelse	35
4.2.1	Tilnærming på caseprosjekt.....	35
4.2.2	Styrker og svakheter	37
4.2.3	Videreutvikling.....	39
4.3	Oppfølging.....	41
4.3.1	Tilnærming på caseprosjekt.....	41
4.3.2	Styrker og svakheter	42
4.3.3	Videreutvikling.....	43
5	Diskusjon.....	45
5.1	Planlegging.....	45
5.1.1	Tilnærming på caseprosjekt.....	45
5.1.2	Styrker og svakheter	47
5.1.3	Videreutvikling.....	49
5.2	Utførelse	53
5.2.1	Tilnærming på caseprosjekt.....	53
5.2.2	Styrker og svakheter	55
5.2.3	Videreutvikling.....	58
5.3	Oppfølging.....	61
5.3.1	Tilnærming på caseprosjekt.....	61
5.3.2	Styrker og svakheter	62
5.3.3	Videreutvikling.....	63
6	Konklusjon	65
6.1	Planlegging.....	65
6.2	Utførelse	66
6.3	Oppfølging.....	67

6.4 Videre arbeider	68
Referanseliste	69
Del 2 – Forskningsartikkel ProjMAN 2021.....	a.1
Del 3 - Vedlegg	v.1

Del 1 - Masteroppgave

Figurer

Figur 2-1: Fremgang i utarbeidelse av masteroppgaven	5
Figur 2-2: Reliabilitet gjennom metodetriangulering.....	6
Figur 2-3: Constant Comparative Method (Basert på Knotten, 2018).....	12
Figur 3-1: Faser i byggeprosessen (Basert på Eikeland, 1998)	14
Figur 3-2: Usikkerhet- og kostnadsforløp for prosjekter (Basert på Eikeland, 1998)	15
Figur 3-3: Gruppeoppgavers kompleksitet (Knotten et al., 2015).....	15
Figur 3-4: Prosjektnedbrytningsstruktur (Basert på Rolstadås, 2020).....	17
Figur 3-5: Avhengighetstyper (Basert på Hussein, 2016).....	17
Figur 3-6: Eksempel AOA-Nettverk	18
Figur 3-7: Last Planner System (Basert på Ballard, 2000).....	20
Figur 3-8: Fremdriftsplanlegging med LPS (Basert på Richert, 2017).....	21
Figur 3-9: Demings Sirkel.....	21
Figur 3-10: BIM-basert og tradisjonell kommunikasjon (Basert på Chen, 2005)	22
Figur 3-11: Illustrasjon av LOD-nivåer (McPhee, 2013)	24
Figur 3-12: MMI - nivåer (Basert på Fløisbonn et al., 2018)	26
Figur 3-13: Lappeplan (Fløisbonn et al., 2018)	27
Figur 3-14: Sammenligning av gjensidig og sekvensielle prosjekteringsprosesser i ulike industrier (Basert på Svaalestuen et al., 2018)	28
Figur 4-1: Leveransetidspunkt RIAku, RIBr og RIBfy	31
Figur 4-2: Prosjekthotellets abonentfunksjon	32
Figur 4-3: Prosjekthotellets epostvarsel.....	32
Figur 4-4: Tasksystem	36
Figur 4-5: Modelleveranser	36
Figur 4-6: Koordinering RIVr - RIVv	36
Figur 4-7: Fagmodell RIV.....	38
Figur 5-1: Illustrasjon kombinasjonsinndeling	53
Figur 5-2: Bruk av PNS i kombinasjonsinndeling.....	58
Figur 5-3: Modenhets-spesifikke leveranselister.....	59
Figur 5-4: Iterativ koordineringsprosess mellom MMI300 og MMI350	60
Figur 6-1: Flytskjema for MMI-prosessen.....	65

Tabeller

Tabell 1-1: Forsknings spørsmål	2
Tabell 1-2: Disposisjon	3
Tabell 2-1: Litteratursøk	8
Tabell 2-2: Intervjupersoner	9
Tabell 3-1: Eksempel prosjekteringsleveranser (Basert på Fløisbonn et al., 2018)	27
Tabell 4-1: Oppbygning leveranseliste	30
Tabell 4-2: Soneinndeling	35
Tabell 4-3: Ulike MMI-nivå på systemer i parkeringskjeller	37
Tabell 4-4: Eksempel på systemer i parkeringskjeller	40

Begrepsforklaringer

MMI	Modellmodenhetsindeks / Model Maturity Index
BIM	Bygnings informasjons modellering
LOD	Level of Development
IFC	Industry Foundation Classes – Programnøytralt filformat for filåpning.
DWG	Drawing – Proprietært filformat for filåpning
RIB	Rådgivende ingeniør bygg
RIVv	Rådgivende ingeniør ventilasjon
RIVr	Rådgivende ingeniør varme og sanitær
RIVA	Rådgivende ingeniør vann, avløp og overvann
RIBfy	Rådgivende ingeniør bygningsfysikk
RIBr	Rådgivende ingeniør brann
RIAku	Rådgivende ingeniør akustikk
ARK	Arkitekt
UE	Underentreprenør
PRL	Prosjekteringsledelsen
Fagmodell	Enkeltdisipliners BIM-modeller som deles med andre fag

1 Introduksjon

Hensikten med introduksjonskapittelet er å beskrive hva studiet skal undersøke. Først gjøres det rede for temaets relevans. Deretter er det beskrevet hva som skal studeres. Og til slutt informeres leser om studiets avgrensninger. Det er også presentert en videre disposisjon for rapporten.

1.1 Bakgrunn for studiet

Bygg, anlegg og eiendom (BAE) har i løpet av de siste årene opplevd en økende vilje i bruk av totalentrepriser. Undersøkelser viser at totalentrepriser utgjør 44% av kontraktsformen i BAE-næringen (Engseth, 2015). Statsbygg og Statens Veivesen har uttalt at de ønsker å satse mer på totalentrepriser (Solberg, 2014; Statsbygg, 2018). Årsaken kan være at flere byggherrer anser verdien av å slippe prosjekteringsansvar som høy. Ved å overlate styringen av prosjekter til entreprenører minskes byggherres risiko (Lædre, 2006). Et av hovedargumentene for totalentrepriser er å overføre ansvar for prosjektering til entreprenør. Entreprenører kan ha bedre kjennskap til prosessen, samt at de tilrettelegger for produksjonstilpassede løsninger. Dette minsker kostnader, byggetid og byggherrerisiko.

Forskning viser at entreprenører sliter med produktivitet i prosjekteringen (Olsen et al., 2013). Et av de viktigste fokusområdene for en vellykket prosjekteringsprosess er tidligfase prosjektering (Emmit & Ruikar, 2013). Det er viktig at en fra tidlig fase konsentrere seg om å skape samhörighet, eierskap og tydelige mål for prosjekteringen. Dette er nøkkelelementer for å effektivisere enhver prosjektering (Svalestuen et al., 2015). Komplekse prosjekter gir uoversiktlige og krevende prosjekteringsprosesser som krever tett oppfølging. Slike prosesser kategoriseres som synkrone prosesser der prosjekteringen opplever avhengigheter mellom flere ulike prosjekterende (Knotten et al., 2015).

For å øke kontrollen over byggeprosessen byttes gamle arbeidsmetoder ut med nye og mer teknologiske metoder (Westgaard et al., 2010). Inntoget av BIM medfører at en må tenke annerledes når det kommer til kommunikasjonsflyt (Abou-Ibrahim & Hamzeh, 2017). Nøklebye et al. (2018) argumenterer for at dagens prosjekteringsmetoder gir for mye sløsing. En metode for å minimere sløsing er ved å se hvordan petroleumsnæringen prosjekterer offshore-konstruksjoner (Svalestuen et al., 2018). Her effektiviseres prosjekteringsarbeidet ved å kombinere lean med modenhetsstyring av BIM. Dette gir bedre tid til å planlegge avhengigheter og iterasjoner i synkrone prosjekteringsprosesser.

Kartlegging av BIM-modenhet gjøres ved å se på hvilke bygningsdeler, fra hvilke disipliner, til hvilket tidspunkt, som har oppnådd en gitt utvikling (Hooper, 2015). Utviklingen av BIM-objekter er en del av den iterative prosjekteringsprosessen, og vil med tiden utvikle seg fra et grunnleggende modenhetsnivå til et detaljert modenhetsnivå. LOD er en nivåinndeling av modenhetsutvikling som ble utviklet av American Institut of Architects. Denne inndelingen ble sett på som for fokusert på enkeltstående objekters detaljnivå (Hooper, 2015; Nøklebye et al., 2018). For å bedre prosjekteringsprosessens utbytte av modenhetsutvikling publiserte den norske BAE-næringen et lignende modenhetsrammeverk. Rammeverket kalles for MMI og ble publisert i 2018 (Fløisbonn et al., 2018). MMI skal være et standardisert rammeverk for å planlegge og kontrollere prosjekteringsprosessen ved bruk av modellmodenhet.

1.2 Forskningsspørsmål

Hensikten med MMI er å skape et standardisert bransjespråk for planlegging, utføring og måling av utviklingen til BIM-modeller. MMI skal benyttes til å beskrive fremdriftsplaner bestående av ulike fags BIM-modeller og deres informasjonsavhengighet. Prosjekter kan bruke MMI til å kontrollere at prosjekterende ikke utfører arbeid før de har tilstrekkelig informasjon. Dette vil redusere mengden ressurser som går til dårlige iterasjoner, slik at en får utnyttet ressurser bedre.

Det er gjort flere studier av MMI, men få som dokumenterer forutsetninger og bruk som bedrer utbyttet av rammeverket. Det vil være av interesse for BAE-næringen å få anbefalinger om hvordan MMI kan planlegges og benyttes basert på dokumenterte erfaringer. Ved å fokusere på dette, kan en med tiden definere standardiserte forutsetninger og bruksflyt med MMI. Studiet skal derfor se nærmere på hvordan en entreprenør planlegger, utnytter og følger opp prosjekteringen med MMI. I tillegg skal det kartlegges effekter ved bruken, og det skal gi anbefaling til videre anvendelse. Dette skal bidra til økt kunnskap om bruk av MMI i BIM-basert prosjektering.

For å kunne anbefale forutsetninger og bruksflyt er det utarbeidet tre forskningsspørsmål som rapporten skal svare på. Forskningsspørsmålene er satt i sammenheng med studiets søksområde, og skal være grunnlaget for innhentede resultater, diskusjoner og til slutt konklusjon. Forskningsspørsmålene vises i Tabell 1-1

Tabell 1-1: Forskningsspørsmål

1. Hvordan benytter Modellmodenhetsindeks?
2. Hvilke styrker og svakheter er det med bruken av Modellmodenhetsindeks?
3. Hvordan bør Modellmodenhetsindeks brukes i fremtidige prosjekter?

Første forskningsspørsmål skal avdekke hvordan entreprenør har benyttet MMI. Det er interessant å se hvilken tilnærming som foreligger, slik at leserne får satt seg inn i hvordan MMI er anvendt. Dette vil gjøre rapporten mer generaliserbar og en får grunnlag til å sammenlikne studiets resultater med lignende undersøkelser.

Andre forskningsspørsmål skal avdekke hvilke styrker og svakheter som foreligger bruken av MMI. Her ønskes det å få kunnskap om hvilken bruk som har vært nyttig og hvilken som har vært unyttige. Dette vil tydeliggjøre hvilke områder som må sees nærmere på i neste forskningsspørsmål.

Tredje forskningsspørsmål skal avdekke hvordan MMI burde benyttes i senere prosjekter. Forskningsspørsmålet skal avdekke hva som gjorde MMI nyttig eller unyttig, og hvorfor. Dette vil gi kunnskap om hvordan MMI burde anvendes av entreprenører på kommende prosjekter.

1.3 Avgrensninger

Det er satt avgrensninger for å begrense studiets omfang. Avgrensningene er satt for å tydeliggjøre intensjonen med studiet, samt konkretisere hvilke situasjoner som er studert.

- Studiet skal undersøke prosjekteringsgruppens bruk av MMI på totalentrepriseprojekt. Siden det er en totalentreprise, vil kun entreprenør og prosjekterende perspektiver bli undersøkt.
- Studiet undersøker hvordan MMI er benyttet i detaljprosjektering. Det er dermed ikke gjort undersøkelser om hvordan MMI benyttes i konseptutvikling.

- I teorikapittelet er det valgt å se på forskjeller mellom MMI og LOD. Det er ikke innhentet beskrivelser av Level of Detail. Dette fordi det ansees som mest relevant å sammenligne bruk av MMI og LOD.
- MMI er et forholdsvis nytt konsept og det er derfor lite litteratur som beskriver bruk. Det er derfor benyttet litteratur om BIM-baserte prosjekteringsprosesser med LOD til å sammenligne med studiets resultater. Det antas at LOD og MMI har like prinsipper og forutsetninger slik at dette kan gjøres.
- Studiet er avgrenset til å se på hvordan MMI er brukt i prosjekteringsprosessen. Det er derfor ikke nevnt, eller gjort noen undersøkelser om hvordan MMI teknisk benyttes i BIM-modeller.

1.4 Disposisjon

I dette delkapittelet presenteres Tabell 1-2 som viser rapportens videre kapittelinndeling og innhold. I tillegg til kapittelinnstillingen er det til slutt en referanseliste. *Del 2 – Forskningsartikkel* og *Del 3 – Vedlegg* anses som separate deler og er ikke inkludert i disposisjonen til Del 1 – Masteroppgave.

Tabell 1-2: Disposisjon

Kapittel	Navn	Beskrivelse
2	Metode	I det andre kapittelet presenterer ulike forskningsmetoder og den valgte metodiske fremgangen for innhenting av rapportens empiri. Det er også beskrevet hvordan innsamlet data er analysert.
3	Teori	I det tredje kapittelet presenteres det teoretiske grunnlaget for rapporten. Det teoretiske grunnlaget er hentet gjennom en litteraturstudie. Litteraturstudiet avdekker rapportens kunnskapsgap, men gir også den nødvendige forkunnskapen for å diskutere resultatene.
4	Resultat	I det fjerde kapittelet presenteres innhentet empiri. Innhentet empiri er gjort gjennom casespesifikke intervju-, dokument- og observasjonsstudier. Kapittelet er strukturert ved tankegang fra Demings sirkel og forskningsspørsmålene.
5	Diskusjon	I det femte kapittelet er rapportens resultater diskutert og analysert. Diskusjonene er forankret i rapportens resultater og teorigrunnlag. Hensikten er å få argumentasjonsgrunnlag for å besvare forskningsspørsmålene
6	Konklusjon	I det femte kapittelet presenteres oppsummerende konklusjoner som svarer på rapportens problemstilling og forskningsspørsmål. Etter dette er det gitt forslag til videre forskningsarbeider.

2 Metode

Dette kapittelet beskriver valgt fremgangsmetode for å innhente rapportens empiriske data. Empirisk data defineres som tilegnet kunnskapen innhentet gjennom observasjoner og undersøkelser (Malt og Tranøy, 2020). Kapittelet skal øke rapportens troverdighet, samtidig som det belyser svakheter ved den metodiske fremgangsmåten. Dette gjøres ved å beskrive valgt forskningsdesign, forskningsmetoder, og til slutt hvordan empiri er analysert.

2.1 Forskningsdesign

Forskningsdesign er fremgangen som benyttes for å knytte studiets empiri mot rapportens forskningsspørsmål (Yin, 2018). En skiller forskningsdesign i to kategorier avhengig av hvordan en ønsker å fremskaffe empirisk data (Andersen, 2019). Kategoriene er kvalitativ og kvantitativ design, og valg avhenger av problemstilling og forskningsspørsmål.

Kvalitativ forskningsdesign

Kvalitativ forskningsdesign benyttes i studier der formålet er å tilegne seg en helhetsforståelse om det som studeres (Olsson, 2011; Tjora, 2021). Kvalitativ metode er induktive prosesser der en innhenter empiriske bevis til å etablere teorier som forklarer årsakssammenhenger (Tranøy, 2020). Empirien skaffes gjennom å studere etablert oppfatning av tema, og fordelene er at en får virkelighetsnær empiri. Det foreligger alltid usikkerhet tilknyttet validitet og reliabilitet da studiene er utfordrende å etterprøve (Tranøy, 2019). Kvalitativ empiri egner seg for forskningsspørsmål som er formulert med hvordan-, hvorfor- og hvilken (Andersen, 2019; Kvale og Brinkmann, 2017; Yin, 2018). Empiri samles i kvalitative studier gjennom observasjoner, dokumenter og dyptgående intervjuer.

Kvantitativ forskningsdesign

Kvantitativ forskning er bredere enn kvalitativ (Andersen, 2019). Dette betyr at mengden data er større. Kvantitative undersøkelser baserer seg på målbar og tallfestet data som beregninger og statistikker. Slike studier gjennomføres når forsker er interessert i årsakssammenheng (Frøslie, 2019; Grønmo, 2018). Gjennom å avdekke dette får en bekreftet sammenhengen mellom fenomener. Dette er forenelig med deduktive prosesser, der en ønsker å dedusere seg fra etablerte lover og teorier til forutsetninger og forklaringer (Tranøy, 2019). Empiri i kvantitative undersøkelser kan innhentes via spørreundersøkelser og målinger (Andersen, 2019). Intervjuer, observasjoner og dokumenter kan benyttes som datakilder, men antallet studier er større enn i kvalitative undersøkelser. Dette fordi en skal kvantifisere dataen slik at en kan sikre funn statistisk. Dette gir studiet høy reliabilitet og validitet, men kan være lite relevant for virkeligheten (Tranøy, 2019).

Kvalitetssikring

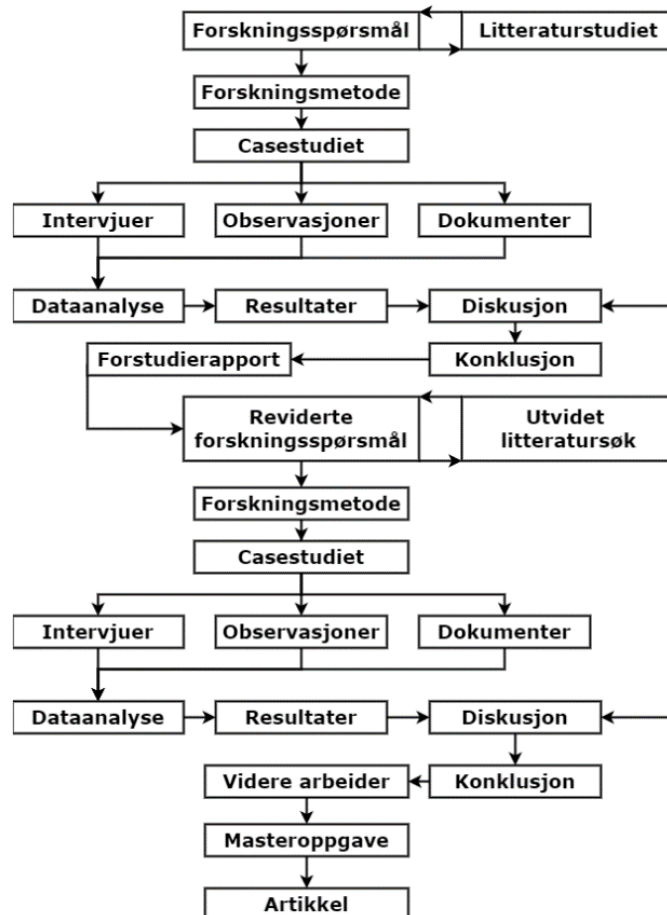
For å sikre at innhentet empiri har vitenskapelig verdi må empiriens validitet og reliabilitet vurderes. Creswell (2014) påpeker at det må avveies om empirien innehar generaliserbare forhold som kan overføres til andre bransjer og situasjoner.

Validitet sier noe om hvor treffsikker funnene er i forhold til det som undersøkes (Creswell, 2014). Dette betyr at validiteten (gyldigheten) til empirien øker når den svarer på forskningsspørsmålene. Det er ikke av interesse for leser av en rapport om innholdet ikke er relevant for hva som skal belyses.

Reliabilitet sier noe om stabiliteten til empirien (Creswell, 2014). Dette betyr at empirien er til å stole på når flere uavhengige kilder viser det samme. I kvantitative undersøkelser vil en lett kunne måle reliabiliteten til datamaterialet som ligger til grunne for de empiriske funnene. Dette fordi en forholder seg til tallfestede data som enkelt kan sammenliknes. I kvalitative undersøkelser forholder en seg til subjektive meningen fra intervjuobjekter og observasjoner av forskere som kan inneholde former for bias.

2.1.1 Forstudierapport og masteroppgave

Masteroppgaven er et videre arbeid av en forstudierapport som ble utarbeidet høsten 2020. Se Vedlegg 7. I arbeidet med forstudierapporten ble det gjennomført et litteratursøk, ett intervju, dokumentanalyser og observasjoner av prosjekteringsmøter i en periode over tre måneder. Empiri fra studien ble benyttet til diskusjon og for å komme frem til en konklusjon i forstudierapporten. Gjennom dette arbeidet ble det avdekket et behov for videre arbeid og det ble satt ord på hva som burde undersøkes videre. I forstudierapporten ble det midlertidig konkludert med hvordan MMI brukes og hvilke styrker og svakheter som var ved bruk av metoden. Videre arbeide er å validere og styrke reliabilitet i tidligere konklusjoner, og å undersøke hvordan MMI burde brukes på fremtidige prosjekter. Arbeidsfremgangen for masteroppgavenn vises i Figur 2-1.



Figur 2-1: Fremgang i utarbeidelse av masteroppgaven

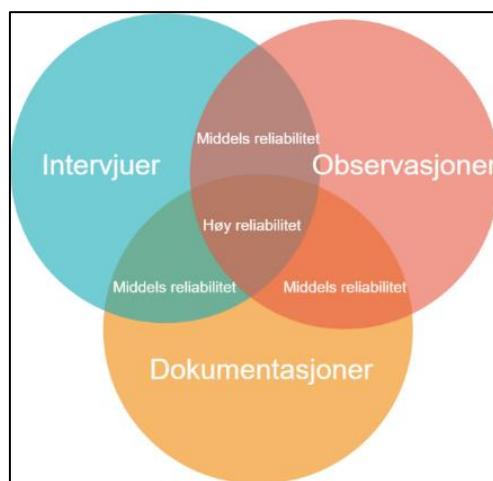
2.1.2 Valg av forskningsdesign

I valg av forskningsdesign vil studiets forskningsspørsmål være avgjørende da tilegnet empiri skal besvare disse. I denne rapporten studeres det hvordan MMI benyttes, hvilke styrker og svakheter som foreligger, og hvordan MMI burde brukes i fremtidige prosjekter.

Dette er spørsmål som krever empiri som ikke lar seg kvantifisere. Empirien innhentes derfor ved å analysere personers erfaring, handlinger og dokumenteringer. Den innsamlede empirien skal fremstilles som teorier på hvordan MMI bør brukes i fremtidige i prosjekter. Derfor er valgt forskningsdesign kvalitative metoder med induktiv tilnærming.

For å øke empiriens validitet burde data kartlegges systematisk (Gioia et al., 2013). For å systematisk kartlegge empirisk data anbefaler Glaser & Strauss (1999) Constant Comparative Method (CCM). Denne metode filtrerer data ved koding og ved plassere kodet datamateriale inn i relevante kategorier. Deretter fordeles dataen til kjerne-kategorier som vist i Figur 2-3 på side 13. Datagrunnlaget i kjerne-kategoriene representerer rapportens vitenskapelige resultater.

Utfordring med kvalitative studier er at empiriske data baseres på enkeltpersoners erfaringer. Deres oppfatning stemmer nødvendigvis ikke med virkelighetens faktum. I tillegg kan det gjøres feilobservasjoner og dokumentstudier kan feiltolkes (Friberg, 2019; Saunders et al., 2009). Dette minker reliabiliteten til datamaterialet og det burde derfor gjennomføres kontroller. En annen utfordring er kvalitative studiers etterprøvbarehet. Dette skyldes at intervjuer og observasjoner er utfordrende å gjennomføre likt på et senere tidspunkt (Kvale og Brinkmann, 2017; Saunders et al., 2009). For å redusere utfordringen med datakvaliteten kan en metodetriangulere. Trianguleringen øker reliabiliteten da en får flere uavhengige verifiseringer av samme funn (Denzin, 2006; Yin, 2018). Figur 2-2 illustrerer reliabiliteten som oppnås når de ulike metodene verifiserer hverandres. Slik kontroll bidrar til å samle data fra ulike metoder om til reliabel empiri.



Figur 2-2: Reliabilitet gjennom metodetriangulering

2.1.3 Forskers rolle

I løpet av studiet har jeg hatt deltidsjobb hvor jeg har medvirket prosjekteringen på rapportens caseprosjekt. Rollen har medført et samarbeid mellom meg som student ved NTNU, og Øksnes Entreprenør (ØE) hvor jeg har vært ansatt. Samarbeidet går ut på at jeg skal følge prosjekteringsprosessen og å bistå implementering og bruk av MMI. Dette har gitt muligheten til å benytte prosjektet som caseprosjekt for rapporten.

Det at studiet er gjort som student ved NTNU, men samtidig som ansatt i ØE, byr på utfordringer som må beskrives. På den ene siden kan rollen medføre bias knyttet til mitt kjennskap om hvordan ØE jobber. I tillegg kan det foreligge en egeninteresse av å øke bedriftens renommé. På den andre siden kan dobbeltrollen medføre overdrevet kritisk tenkning overfor hva som kan presenteres. I tillegg vil det foreligge en mer privat

egeninteresse av å produsere en reliabel og valid forskningsrapport. Som masterstudent ved NTNU innehar jeg en forpliktelse overfor Institutt for bygg- og miljøteknikk å levere en troverdig studie som bidrar til å belyse valgt tematikk.

For å imøtekomme utfordringene tilknyttet dobbeltrollen er CCM og metodetriangulering kombinert. Dette medfører at all data og argumentasjon vil gjennomføres på et kvalitetssikret grunnlag som vil forminske påvirkningen fra ulike bias og egeninteresser.

2.2 Forskningsmetode

I dette delkapittelet beskrives valgte forskningsmetoder. Det beskrives teori som er lagt til grunn for valg av metode, hvordan metoden er anvendt og hvilke likheter/ulikheter som var mellom bruk og teori. Hvordan innhentet data er analysert beskrives nærmere i kapittel 2.3.

2.2.1 Litteraturstudiet

Litteraturstudiet baserer seg på litteratursøk gjennomført i emnet TBA4128 -Prosjektledelse, videregående kurs. Søket var et scoping litteratursøk som gir oversikt over temaet som studeres. Metoden kan benyttes i alenestående rapporter og i større studier med supplerende metoder (Arksey og O'Malley, 2006). Litteratursøket er gjennomført ved bruk av 5.stegs rammeverket utviklet av Arksey & O'Malley (2006).

Snøballmetoden er benyttet for å innhente relevant litteratur fra resultatet av litteratursøket. Metoden går ut på å se hvilke kilder fremskaffet litteratur henvises til (Engebø, 2020). Dette er bedre kjent som «backward snowballing».

Resultatet av litteraturstudiet er det teoretiske grunnlaget for rapporten. Ved å gjennomgå litteratur har det vært mulig å avdekke kunnskapsgap knyttet til MMI. Dette har vært hjelpelig i utforming av forskningsspørsmål til rapporten.

Steg 1: Identifisere problemstilling

I introduksjonen presenteres formålet og problemstillingen til rapporten. For å kontrollere at problemstilling kan besvares er det gjennomført søk etter nøkkelord knyttet til tema.

Steg 2: Identifisere relevante studier

For å få relevant informasjon ble nøkkelord kombinert i ulike databaser, samtidig som avgrensninger ble satt. Dette resulterte i færre artikler, og noen gjentakende for flere databaser. Søkeord er nøkkelord knyttet til teori anbefalt av veileder Ola Lædre. Nøkkelordene har ført til annen teori innenfor søkets tema, som også har ført til anskaffelse av andre søkeord.

Databaser som ble benyttet er tilgjengelig for NTNU-studenter og er anbefalt i metodekurs gjennomført i emnet TBA4128 – Prosjekteringsledelse, videregående kurs (Engebø, 2020). Hensikten med valgte databaser er å spisse søket mot byggrelaterte artikler. ORIA er en universitetsdatabase og inneholder kilder fra flere fagfelt. Scopus er en teknologisk database som begrenser søket til teknologirelaterte artikler. ASCE (American Society of Civil Engineers) begrenser søket til kun byggrelaterte artikler.

Års-avgrensning er benyttet fordi det var ønsket nyere publiserte artikler som beskriver «state of the art» av prosjekteringsprosesser. Fagfellevurderte artikler er en avgrensning som styrker troverdigheten til artikler da dette betyr at artikkel har gjennomgått sekundærkontroll av anerkjente fagmiljøer. Årsaken var at jeg vurderte dette som kilder med god troverdighet og som er egnet for å benytte snøballmetoden. For oversikt over søkeord, avgrensninger, og databaser se Tabell 2-1.

Tabell 2-1: Litteratursøk

Nr	Søkeord	Data-base	Avgrensninger			Antall	Kilder
			Utgivelsesår	Fagfelle vurdering	Type		
1 og 2	«Design management» «AEC» «Literature»	Oria	2013	Ja	Artikkel	166	Knotten et al. (2015) Svalestuen et al. (2015)
		Scopus	2013	Ja	Artikkel	23	
		ASCE	2015	Ja	Artikkel	20	
3 og 4	«Design management» «BIM» «Collaboration»	Oria	2015	Ja	Artikkel	154	Elmualim & Gilder(2014) Tauriainen et al. (2016)
		Scopus	Ja	Artikkel	Artikkel	9	
		ASCE	Ja	Artikkel	Technical paper	9	
5 og 6	«Design management» «LOD» «BIM»	Oria	Nei	Bok	Artikkel	39	Hoope (2015) (Nøklebye et al., 2018)
		Scopus	2015	Ja	Artikkel	8	
		ASCE	2014	Ja	-	5	
7	«Model maturity index» «AEC»	Oria	2018	Ja	Artikkel	2	Garcia et al. (2018)
		Scopus	2018	Ja	artikkel	1	
		ASCE	2018	Ja	Artikkel	1	
8	«Model maturity» «Design management» «AEC»	Oria	2012	Ja	Bok	2	(Styrvold et al., 2019)
		Scopus	2020	Nei	Artikkel	1	
		ASCE	-	-	-	-	

Steg 3: Velg relevant litteratur

Etter databasesøk ble det undersøkt hvilken litteratur som var relevant. For å avgjøre relevans ble sammendrag og introduksjon gjennomgått. Etter dette ble det gjort en vurdering om litteratur omhandlet relevante tema.

Etter kontroll av relevans ble troverdigheten til litteraturen vurdert. Fra tidligere har litteraturen tilfredsstillt visse kriterier i databasesøket og det er gjort en kvalitetssikring. I tillegg er metodekapittelet gjennomgått for å se om funn er anskaffet troverdig. Resultatet av utvalgt litteratur er presentert i Tabell 2-1.

Steg 4: Kartlegging av data

For å kartlegge data har jeg benyttet 4. steg i Arksey & O'Malley's (2006) anbefalte oppsett. Årsaken til at ikke alle punkter er benyttet skyldes at jeg ikke anser resterende punkter som relevant i dette søket. Følgende punkter viser rekkefølgen for presenterte kartleggingspunkter:

- Forfattere, utgivelses år og hvor studiet er publisert
- Formålet med studiet
- Anvendt metode.
- Relevante resultater.

Steg 5: Samle, oppsummere og reportere tilegnet resultat

Fjerde steg av oppsettet til Arksey & O'Malley (2006) samfaller med hvordan resultat og evaluering av litteratur oppsummeres i litteratursøket. Oppsummeringen gikk ut på å presentere kilden, oppsummere resultatene, vurdere resultatenes troverdighet og rapportere hva som er hentet ut. For å tydeliggjøre evalueringen er TONE-prinsippet benyttet. TONE står for: troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet (Norås, 2017).

Bruk av litteratur

Etter at relevant litteratur var identifisert, ble den sortert etter hvilket teorikapittel den tilhørte. Dette betyr at kapitteinndelingen til teorien ble utarbeidet før litteratur ble gjennomgått. Grunnen til dette skyldes at det ble ansett som en strukturert fremgang for å få klarhet i hvilke litteratur som måtte gjennomgås, og i hvilken rekkefølge. Når strukturen

var etablert ble litteratur lest og det ble gjort notering og markering for å tydeliggjøre relevant informasjon. Informasjonen ble fortløpende strukturert ut til de ulike teorikapitlene.

En fordel med fremgangsmåten er at en får strukturert gjennomgangen av litteratur og funn etter når og hvor de er relevante. Dette medførte at jeg begynte med søk rettet mot prosjekteringsprosessen, etterfulgt av BIM, og til slutt i modenhetsutvikling av BIM. En slik sekvensiell prosess gjorde det enklere å avdekke når det var passende med en overgang til neste tema. Utfordringer var at oppsettet til teorikapittelet jevnlig ble revidert som følge av funn i teorien. Teorien avdekket temaer som var detaljert fra tidligere, og andre som ikke var det. En annen utfordring er at en risikerer å låse til teoriinndelingen, noe som medfører at relevant informasjon ikke gjennomgås da den ikke passer med kapitteinndelingen.

2.2.2 Casestudie

Gjennom rollen på caseprosjektet har jeg hatt tilgang til informanter og dokumenter. Rollen har gitt muligheter til å observere MMI i prosjekteringen da jeg er delaktig i prosjekterings-, sær- og opplæringsmøter. Deltagelsen har ført til et kollegialt forhold til prosjekterende, noe som forenklet anskaffelse av intervju da jeg har hatt kontakt med relevante intervjupersoner.

Caseprosjektet kalles Sjøgata Panorama, og er et leilighetsprosjekt i Finnsnes kommune. Prosjektet består av tre leilighetsbygg med parkeringskjeller og har en estimert totalkostnad på 110 mNOK. ØE er totalentreprenør og eier 50% eier av byggherreselskapet.

Årsaken til at casestudier er valgt skyldes egnethet til å studere midlertidige hendelser. I rapporten ønsker jeg å besvare forskningsspørsmål som er formulert hvorfor, hvilken og hvordan, og ifølge Yin (2018) er casestudier tilrettelagt for slike studier. Dataen skal innhentes gjennom casespesifikke dokument-, intervju- og observasjonsstudier. Hvordan entreprenør benytter MMI på prosjekt er en midlertidig hendelse med hvordan i problemstillingen. Dette gjør casestudier til et egnet utgangspunkt for datainnhenting.

2.2.3 Intervjustudier

Intervjupersoner er hentet fra entreprenørs PRL og et utvalgt av de mest relevante prosjekterende. Se Tabell 2-2. Intervjupersoner er valgt grunnet deres involvering i MMI på caseprosjektet. Rapporten ser på entreprenørs bruk av MMI, og det er derfor viktig å kartlegge deres erfaringer. Det har også vært viktig å innhente erfaringer fra prosjekterende da det er de som benytter indeksnivåene i rammeverket.

Tabell 2-2: Intervjupersoner

Nr:	Bedrifter	Roller	Plattform		
1	Øksnes Entreprenør	Prosjektleder	Videosamtale Teams	PRL	Prosjekteringsgruppen
2	Øksnes Entreprenør	Prosjektleder	Intervju		
3	Øksnes Entreprenør	Prosjektdirektør	Intervju		
4	Asplan Viak	RIVA	Videosamtale	Prosjekterende	
5	Flexit	RIVv	Videosamtale		
6	Skår VVS AS	RIVr	Videosamtale		
7	Klausengruppen	RIB - ARK	Videosamtale		

Intervjuene er gjennomført som semistrukturerte intervjuer. Dette innebærer at det er utarbeidet en overordnet intervjuguide som er brukt i intervjuet. Når intervjuerperson ikke svarte tilstrekkelig ble intervjuguide brukt til å stille oppfølgingsspørsmål.

Intervjuguiden er delt inn i temaer og spørsmål. Temaene er introdusert med et avsnitt om hva det innebærer, og hva som ønskes at intervjuerperson skal fortelle om. Temaene og spørsmålene ble utarbeidet i forstudierapporten og er et resultat av litteraturstudiet. Intervjuguiden er strukturert etter Fløisbonn et al. (2018) og Styrvold et al. (2019) teorier om bruk og implementering av MMI. Spørsmålene er basert på kunnskapsgapet som ble avdekket i litteraturstudiet. I tillegg er stegene i Demings sirkel brukt for den tematiske fremgangen i intervjuene. Oppsettet ble diskutert og revidert med veileder Ola Lædre før det ble gitt en faglig veiledning av Vegard Knotten. Til slutt ble litteraturguiden testet i forsøksintervju med caseprosjektets prosjektleder. Etter prøveintervju ble litteraturguiden bekreftet som brukende for intervjuer i masteroppgaven. For Intervjuguide se Vedlegg 1.

Intervjuene startet med en introduksjon etterfulgt av at intervjuerperson fortalte om sine erfaringer. Når intervjuerpersonen ikke svarte på spørsmålene til tema, ble intervjuguide benyttet. Erfaringer fra intervjuene viser en gradvis overgang fra monolog- til dialogpregede intervjuer. Dette medførte mye datainnhenting da det ble fortalt mye om tema. Overgangen skyldes rollen jeg innehar og det kollegiale forholdet som er med intervjuerpersonene.

Semistrukturerte intervjuer brukes når en får mulighet til å innhente informasjon fra personer med erfaring og kompetanse (Kvale & Brinkmann, 2017). I litteraturen er semistrukturerte intervjuer beskrevet som en åpnere intervjustil enn strukturerte intervjuer. Ved strukturerte intervjuer ønsker man svar på kun det som spørres om. Intervjuerpersonen vil ikke da uttale seg fritt om egne erfaringer. I datainnsamlingen var jeg opptatt av at all data skulle samles inn, og at en senere skulle anvende CCM for å vurdere brukbarheten til dataen. Det er fastsatt en struktur i intervjuguiden for å konkretisere temaet. Dette for å unngå at intervjuer ikke blir vage. Litteraturguiden er anbefalt og anvendes som et verktøy for å få svar på det som er planlagt å spørre om (Johannessen et al., 2016).

Egen forståelse av semistrukturerte intervjuer er at en kan få noe irrelevant informasjon. Dette medfører at deler av intervjuene kan betraktes som invalide datakilder. For å minimere mengden irrelevant data er intervjuguiden konkretisert mot aktuelt tema. Selv om intervjuguiden er gjennomarbeidet, vil det fremdeles være risiko for misforståelser fra egen og intervjuerpersons side. Dette er tilknyttet partenes kjennskap til intervjusituasjonen, og i dette studiet har ingen av partene erfaringer fra slike situasjoner.

Et av usikkerhetsmomentene med intervjuenes reliabiliteter er min rolle i prosjektet. Dette har bidratt til dialogpregede intervjuer som kan påvirke intervjuerpersonenes svar. Det har vært viktig å bevisstgjøre intervjuerperson på rollen som student og ikke kollega. I tillegg er det forsøkt å unngå ledende spørsmål og å forholde seg til intervjuguiden. Dette for å unngå innhenting av misvisende og feil data. For å sikre at reliabel informasjon har det vært viktig å bearbeide intervjuene riktig. Dette er gjort ved å ta lydopptak av intervjuene, transkribere lydfilen ordrett, og til slutt å oversette fra muntlig setningsoppbygging til grammatisk korrekte setninger. Når intervjuene var bearbeidet ble det sendt til intervjuerpersonen for godkjenning. Dette er i henhold til Kvale og Brinkmanns (2017) meninger om hvordan en øker validitet og reliabilitet i intervjustudier.

2.2.4 Observasjonsstudier

Datainnhenting i observasjoner er gjort ved å dokumentere observasjoner tilknyttet prosjekteringsmøter, opplæringsmøter og ved særmøter. I dokumentering av observasjoner

er skjema for datatype og beskrivelser strukturert i to kolonner. Datatype er delt inn i punktene 1) primær observasjon, 2) sekundær observasjon, 3) erfaringsdata og 4) kontekstuell data. For skjema se Vedlegg 2. Observasjoner er dokumentert inn i kolonnene som virker mest relevante. Alle observasjoner er senere kodet og delt inn i kategorier for det temaet det tilhører. Eksempelvis er observasjoner om bruk kodes til temaet bruk.

Observasjonsstudier anvendes i tilfeller der forskningsspørsmål skal svare på hvordan menneskelig adferd er (Saunders et al., 2009). Rapportens formål er å studere hvordan en entreprenør benytter MMI i prosjektering. Derfor er det interessant å observere hvordan entreprenør planlegger og bruker metoden, og hvordan dette påvirker prosjekteringen.

Det er gjennomført deltagende observasjoner da jeg er delaktig i prosjekteringsprosessen. Deltagende observasjoner beskrives som observasjoner der observatør deltar i aktivitetene som skal observeres (Saunders et al., 2009). Fordeler ved deltagende observasjonsstudier er at observatør og informanter har et kollegialt forhold. Dette kan føre til at informanter deler mer erfaring og kunnskap enn hva de ville delt med en utenforstående observatør (Saunders et al., 2009). Involvering gir også observatøren muligheter til å forstå informanters synspunkter og meninger. Dette skyldes at observatøren er introdusert for fagterminologi og prosjektspesifikke fenomener. For å skille mellom rollen som deltager og observatør er det kun gjort observasjoner rundt deler av prosjekteringsmøtene og særmøtene som jeg selv ikke deltok i. Det ble gjort observasjoner fra tidlig prosjekteringsfase til sent i detaljprosjektering, noe som har medførte deltagelse i 14 prosjekteringsmøter, ni opplæringsmøter og fire særmøter. Av disse er det gjennomført observasjoner tilknyttet ti prosjekteringsmøtene, fire opplæringsmøter og to særmøter.

Ulempen med deltagende observasjoner er at observatør kan få ulike bias knyttet til observasjonstema. Saunders et al. (2009) beskriver dette gjennom å forklare symbolsk interaksjonisme. Dette betyr at enkeltindivider tenderer til å følge meninger og holdninger til den større sosiale gruppen de er en del av. En annen ulempe med deltagende observasjon er feilobservasjon. Feilobservasjon skjer i tilfeller der observatørs mangel på forståelse, eller kjennskap til situasjonen, fører til feiltolkninger av observasjonen. Observatør må være klar over mulig skjevhet i reliabiliteten til observasjoner. Dette skyldes at informanter endrer atferd av at observatør er deltagende i gruppen.

Under observasjoner er det erfart at informanter ikke har vegret seg for å dele informasjon. Rollen i prosjektet har vært avgjørende for å få relevant informasjon fra informanter, i tillegg til at det ikke har oppstått utfordringer rundt terminologi. Jeg opplever derfor at fordelene som beskrives av Saunders et. al (2009) stemmer. Jeg er bekjent med eventuelle bias knyttet til min rolle og utfordringer rundt feilobservasjoner. Reliabiliteten av funn er derfor vurdert ved å benytte metodetriangulering. En ulempe ved studiene er at jeg har vært involvert, og mottatt informasjon om MMI, over en lengre periode før studiene startet. Dette medfører at en del tilegnet informasjon ikke har blitt dokumentert og har dermed lite reliabilitet. For å anvende denne informasjonen er det stilt strengere krav til validitet ved å innhente denne informasjonen på ny gjennom dokumentstudier og intervjuer.

2.2.5 Dokumentstudier

Gjennom min rolle i casestudiet har en rekke dokumenter tilknyttet prosjekteringen vært tilgjengelig. Dokumenter kan benyttes som bevis for å verifisere utsagn fra intervju- og observasjoner (Yin, 2018). Det er kun valgt å benytte dokumenter som er funnet i prosjekthotell. Av tilgjengelig data er dokumenter gjennomgått for å vurdere dens relevans. Det er valgt å benytte dokumenter som beskriver valgte modenhetsnivåer, soner,

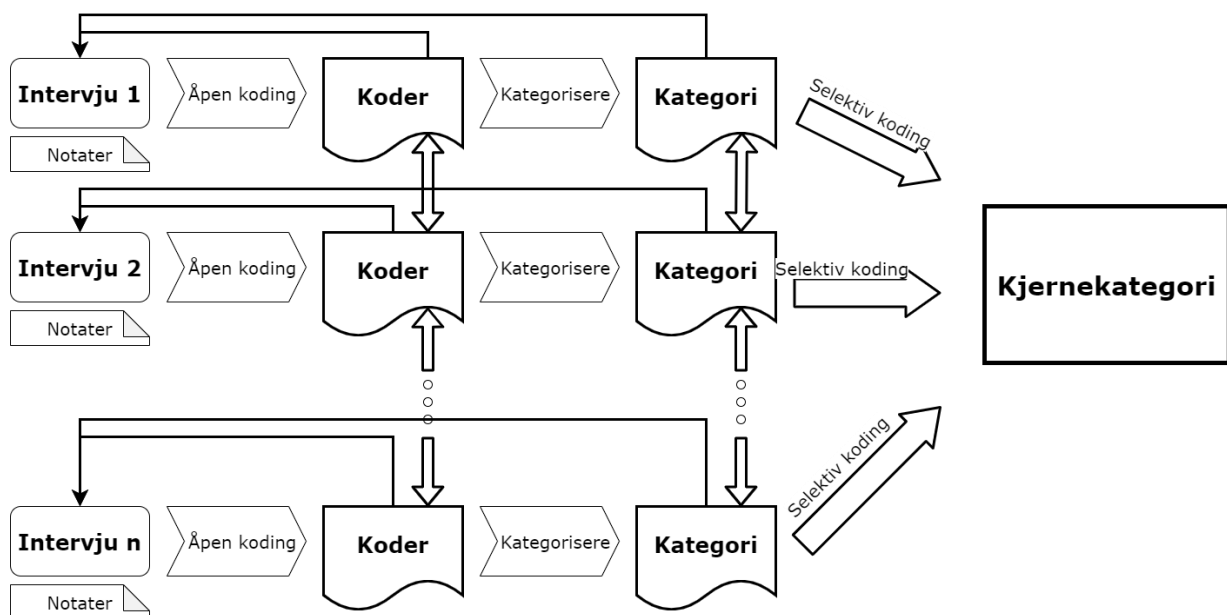
prosjekteringsleveranser, fremdriftsplaner og oppfølging. Grunnet min deltagelse i prosjektet har det ikke vært aktuelt å benytte e-poster mellom meg og prosjektdeltagere som data. Dette er gjort for å skille rollen som forsker og arbeidstaker. Det er mer etterprøvbart og troverdig å gå gjennom et prosjekthotell enn en enkeltdeltagers epostkorrespondanse. En svakhet knyttet til metoden er at den kan være tidskrevende. Det burde derfor utføres grundig arbeid med å vurdere hvilke dokumenter som skal benyttes. Siden jeg er involvert i prosjekteringen er det tilegnet innsikt over hvilke dokumenter som inneholder valid informasjon.

2.3 Dataanalyse

I dette delkapittelet beskrives metoden for dataanalyse. Sintef (n.d.) beskriver dataanalyse som en prosess der målet er å trekke ut informasjon fra innsamlet data. For å gjennomføre dette er CCM benyttet for å systematisere kartleggingen av data fra casestudiet. I tillegg er det gjennomført en workshop der resultatene er drøftet. Studiene har frembrakt ubehandlede data med alenestående utsagn, observasjoner og dokumenteringer. Ubehandlet og alenestående har ikke denne informasjonen noen kontekstuell verdi, men klarer en å sammenstille dataen og kategorisere den mot forskningsspørsmålene får en etablert reliable og valide resultater.

Constant Comparative Method

Før studier ble gjennomført ble det planlagt en strategi for kartlegging av data basert på CCM. Kartleggingen av data gjennomføres i tre steg som vist i Figur 2-3. Først ble det etablert kategorier som dataene skulle kategoriseres etter. Intervjuguide og observasjonsskjema var fra tidligere inndelt i kategorier. Eksempelvis: modenhetsnivåer, soneinndeling, etc. Dette var derfor en naturlig kategoriinndeling. Deretter, etter at data var innsamlet, ble det gjennomført åpen koding av dokumentene. Knotten (2018) beskriver åpen koding som å «undersøke teksten, enten linje for linje eller etter avsnitt for å fange essensen av hva som blir sagt». Dokumentene kodes slik at det skal være enkelt å velge datakodene til tilhørende kategorier. Til slutt ble data i fra kategoriene selektivt omkodet til respektive kjerne kategorier.



Figur 2-3: Constant Comparative Method (Basert på Knotten, 2018)

Det viktigste momentet med CCM er at en alltid sammenligner data i kodene fra de ulike datakildene med hverandre. Det samme gjelder for dataen som er plassert i de ulike kategoriene. Denne sammenligningen vil ifølge Glaser & Strauss (1999) «*hjelp analytikeren som innehar disse ferdighetene i å generere teori som er integrert, konsistent, plausibelt, nær dataen*». På bakgrunn av denne informasjonen er derfor alle intervjuer, observasjoner og dokumenter kodet og kategorisert samtidig.

Workshop

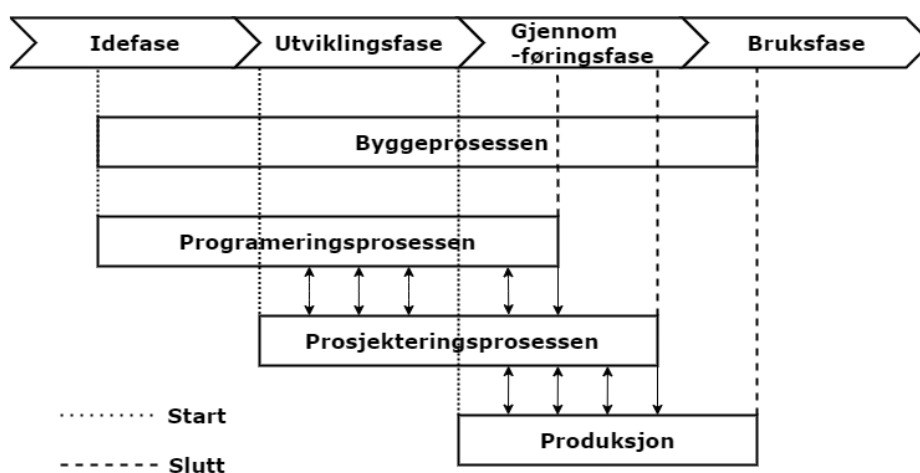
Etter gjennomført CCM ble det innkalt til en workshop. I workshopen var veileder fra NTNU, Ola Lædre, og faglig veileder fra Statsbygg, Roar Fosse, deltagende for å bidra med sine erfaringer. Her ble resultatene analyserte, og det ble drøftet hvilken betydning de ulike resultatene inneholdt. Utfallet fra dette møtet var innspill som bidro til igangsettelse av drøftinger til diskusjon. I tillegg ble det tydeliggjort at det var flere resultater som beskrev planlegging, måling og korreksjon enn først antatt.

3 Teori

Teorikapittelet gir bakgrunnsforståelsen for å tolke rapportens funn, og å se dens relevans i sammenheng. Kapittelet er et resultat av litteraturstudiet og presenterer relevante funn fra etablert teori. Teorien presenteres i delkapitlene, og i slutten av hvert delkapittel er det gitt en reflekterende oppsummering.

3.1 Prosjekteringsprosessen

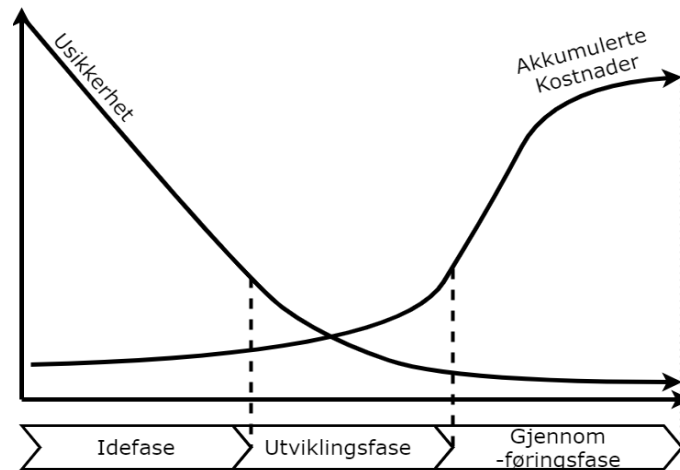
Eikeland (1998) beskriver byggeprosessen gjennom fire faser. Se Figur 3-1. Første fase er idéfase hvor tanken om et byggeprosjekt starter. Idéen videreutvikles i andre fase til et konsept, og denne fasen kalles utviklingsfase. Etter konseptutviklingen starter gjennomføringsfasen av prosjektet hvor bygget produseres. Til slutt, når bygget er ferdigstilt og overlevert til bruker, starter bruksfasen.



Figur 3-1: Faser i byggeprosessen (Basert på Eikeland, 1998)

Prosjektering utføres hovedsakelig i utviklingsfasen, men foreligger også i gjennomføringsfasen fordi en ønsker å redusere byggeprosessens tid (Eikeland, 1998). Figur 3-1 illustrerer den iterative prosessen mellom de ulike fasene. I prosjekteringen defineres byggverkets fysiske egenskaper (Eikeland, 1998). Prosessen påvirkes av kravene som stilles til byggverkets funksjonalitet som defineres i programmeringsfasen. Produksjonsprosessen påvirker prosjekteringen da den definerer grenser i forhold til prosjekteringsrekkefølgen og prosjekteringsgjennomførbarhet.

Westergaard, Arge og Moe (2010) beskriver prosjektering som en fellesbetegnelse for arbeider utført av arkitekter, rådgivende ingeniører og prosjekterende fra entreprenør. Sammensetningen av alle aktørene kalles for prosjekteringsgrupper (Meland, 2000), og arbeidet prosjekteringsgruppen utfører tidlig i prosjekteringsprosessen er viktig for et suksessfullt prosjekt (Emmit & Ruikar, 2013). Meland (2000) påpeker at mangel på kompetanse i prosjektering fører til fiasko på prosjekter. Utilstrekkelig prosjektering fører til endringer i produksjon som øker prosjektets totale kostnad. Figur 3-2 illustrerer endring av usikkerhet og kostnad knyttet til prosjekter.



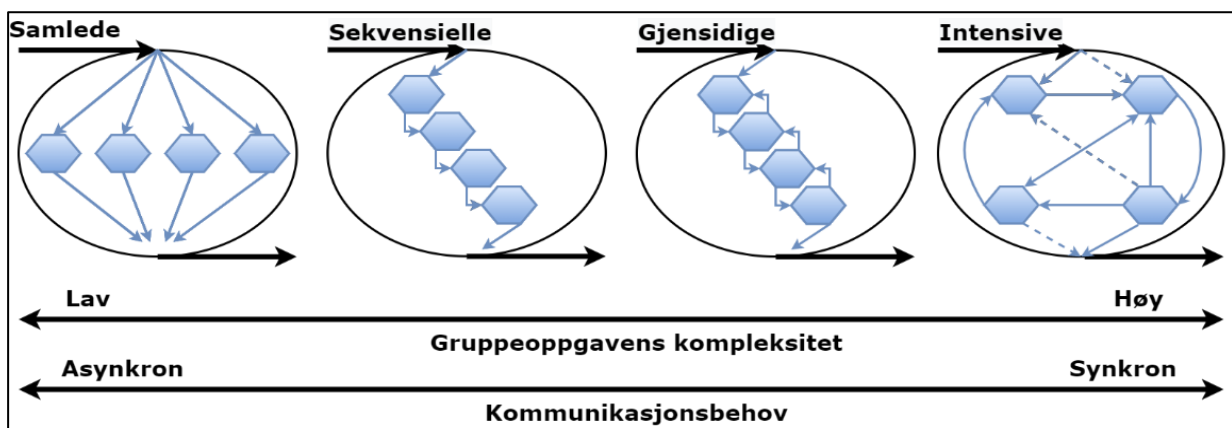
Figur 3-2: Usikkerhet- og kostnadsforløp for prosjekter (Basert på Eikeland, 1998)

Eikeland (1998) beskriver i Figur 3-2 at størst økning av påløpte kostnader foreligger i gjennomføringsfasen. I gjennomføringsfasen er prosjektets usikkerhet redusert i forhold til i ide- og utviklingsfasen. Hvis dårlig prosjektering fører til økt usikkerhet i gjennomføringen vil en risikere et kostnadshopp som følge av endring eller stillstand i produksjon.

Samset (2014) påpeker at entreprenører ønsker indre effektivitet på prosjekter. Indre effektivitet er å produsere prosjektet på kortest tid, til lavest kostnad og rett kvalitet. For å få til dette påpeker Samset (2014) at en investering i prosjektering vil redusere tid- og kostnadsutvikling i produksjonen. Ved å kombinere teoriene til Eikland (1998) og Samset (2014) kan en hevde at investering i prosjektering vil medføre en besparelse i prosjektet. Dette fordi feil i gjennomføring er mer kostbare enn feil i prosjektering. På denne måten vil en derfor sikre økt indre effektivitet på prosjektet.

3.1.1 Avhengigheter i prosjekteringsprosessen

Prosjekteringsprosessen består av flere faser med ulik kompleksitet. Kompleksiteten endrer seg som følge av den varierende avhengigheter i prosjekteringssamarbeidet. Thompson (1967) og Bell & Kozlowski (2002) beskriver ulike avhengigheter i gruppearbeider. Bølviken et al. (2010) benytter beskrivelsene til å definere ulike avhengigheter som oppstår i prosjekteringsgruppen. Det skiller mellom samlede, sekvensielle, gjensidige og intensive avhengigheter. Hvilken avhengighet som foreligger bestemmes av oppgavens kompleksitet og behov for kommunikasjon. Figur 3-3 hentet fra Knotten et al. (2015) illustrerer prosessene.



Figur 3-3: Gruppeoppgavers kompleksitet (Knotten et al., 2015)

Kalsaas & Sacks (2011) beskriver samlede avhengigheter som oppgaver der aktørene behøver lite samhandling. Oppgavene er definert som lite komplekse, og avhengigheten oppstår fordi hver aktør bidrar til en del av løsningen. Sekvensielle avhengigheter beskrives som en rekke med avhengigheter der aktivitet A gir output, som aktivitet B benytter som input. Slike avhengigheter er mer komplekse, og krever mer kommunikasjon enn samlede avhengigheter. Gjensidige avhengigheter gir økt behov for kommunikasjon og ansees som mer komplekse enn samlede og sekvensielle. Dette skyldes at aktivitet A gir input til aktivitet B, og deretter gir aktivitet B output som aktivitet A benytter for å ferdigstilles. Gruppeoppgaver med høyest kompleksitet og kommunikasjonsbehov defineres av Bell & Kozlowski (2002) som oppgaver med intensiv avhengighet. I slike avhengigheter er prosjekteringsgruppen avhengig av hverandre for å definere problemet, hvordan det skal løses og hvem som skal løse det.

BAE-næringen har en annen tilnærming til hvordan sekvensielle og gjensidige avhengigheter håndteres enn lignende næringer (Svalestuen et al., 2018). Sammenlignet med offshore-konstruksjoner og skipsbygging varer gjensidige prosesser lengre i BAE-næringen.

3.1.2 Prosjekteringsledelse

Knotten et al. (2017) beskriver prosjekteringsledelse som planlegging, organisering og fasilitering for å få prosjekteringsgruppen til å oppnå prosjektmålet. En utfordring for prosjektledere er å koordinere de ulike avhengigheter i prosjekteringsprosessen (Westgaard et al., 2010). Kalsaas & Sacks (2011) mener at PRL må forstå de ulike formene for avhengighet for å kunne håndtere dem. I koordineringen av avhengige prosesser prioriterer PRL ofte tekniske utfordringer fremfor sosiale (DeMarco og Timothy, 1999). Dette selv om de sosiale utfordringene kan være mer utfordrende for samarbeidet enn de tekniske.

Gray & Hughes (2001) påpeker at en stor utfordring knyttet til prosjekteringsamarbeid er kommunikasjon. En av utfordringene er varigheten de ulike deltagerne har i prosjektet. Ofte vil det etablere seg en kjernegruppe med prosjekterende som deltar gjennom hele prosjekteringen. Det vil være vanskelig for enkeltdisipliner som involveres i små deler av prosjekteringen å føle gruppesamhørighet. Gray & Hughes (2001) mener derfor at det kreves en innsats av ledelsen å få dem inn i kjernegruppen.

Undersøkelser gjennomført av Svalestuen et al. (2015) viser at PRL anser tillit, forpliktelse, involvering og samhold som noen av de viktigste kriteriene for suksess. Det er PRL som er ansvarlig for prosjekteringsgruppens suksess (Sebastian, 2007). Derfor er det PRLs ansvar å tilrettelegge for oppnåelse av suksessfaktorene.

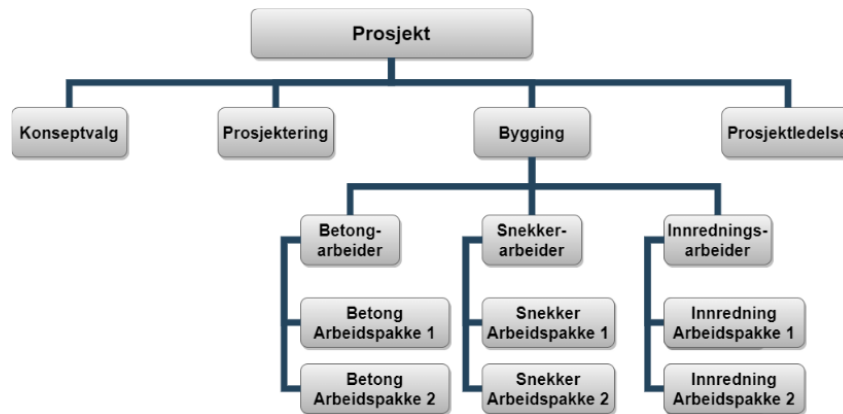
3.1.3 Fremdriftsplanlegging

I fremdriftsplanlegging er det viktig å identifisere arbeidsoppgavene som skal utføres. Planleggerne må identifisere avhengighet og tid som trengs for å utføre arbeidet. Denne informasjonen kan struktureres slik at en har kontroll på arbeidsrekkefølgen. I dette underkapittelet beskrives det hvordan prosjekt nedbrytningsstruktur (PNS), Activity on Node (AON), Activity on Arc (AOA) og gantt-diagram benyttes for å få dette til.

Prosjekt nedbrytningsstruktur

Rolstadås (2020a) beskriver PNS som en metode for å bryte ned prosjektet i spesifikke arbeidsområder. Arbeidsområdene brytes ned i mindre delleveranser og arbeidspakker med arbeidsbeskrivelser. Behovet for detaljering vil variere med prosjektets og arbeidsoppgavenes kompleksitet. Derfor må nødvendigheten for nedbryting vurderes

(Norman et al., 2008). PNS illustreres som et familietre hvor hvert arbeidsområde har en egen avgrensning med ulike arbeidspakker. Se Figur 3-4.



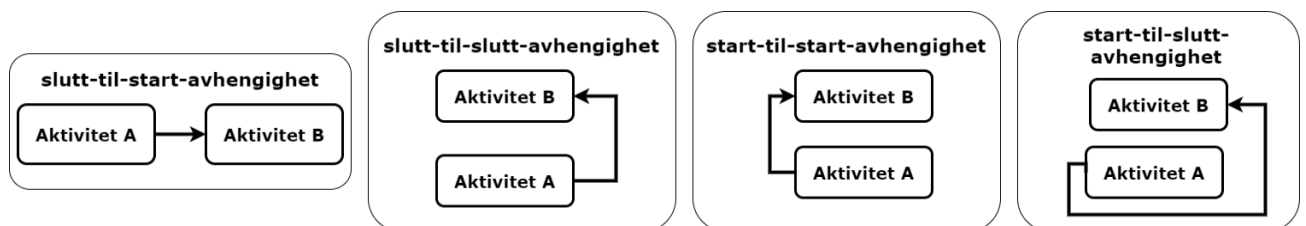
Figur 3-4: Prosjektnedbrytningsstruktur (Basert på Rolstadås, 2020)

Bashir & Thomson (1999, funnet via Abou-Ibrahim & Hamzeh, 2018) beskriver PNS ved hjelp av Top-Down metoden. Her brytes prosjektet ned fra start til slutt der en ser på hvilke oppgaver som må løses for at senere oppgaver skal kunne gjennomføres. Det er viktig å bryte ned arbeidspakker i sammenhengende og overkommelige pakker. Når nedbrytning er gjort skal PNS for prosjekteringsarbeider inneholde informasjon om nødvendig tid og ressurser for arbeidspakkene. Abou-Ibrahim & Hamzeh (2018) legger vekt på at prosjekterendes subjektive mening for hvor lenge prosjektering varer ikke alltid er korrekt. Det er viktig å ha en nøktern tilnærming til disse estimatene. I tillegg er det ikke garanti for at alle nødvendige arbeidspakker og avhengigheter identifiseres med Top-Down metoden.

Nettverksdiagrammer

Nettverksdiagrammer er ifølge Hussein (2016) «En skjematisk illustrasjon av aktivitetene i prosjektet og avhengigheten mellom dem». Aktivitetene presenteres som noder med linjer som beskriver avhengigheten.

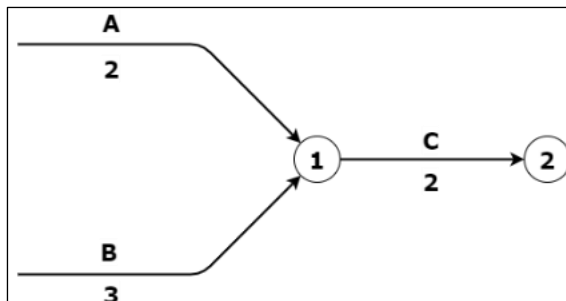
AON-Nettverk er en form for nettverksdiagram. Når avhengige oppgaver beskrives er det vanlig å skille mellom fire ulike typer avhengighet. Se Figur 3-5. Den vanligste formen for avhengighet er slutt-til-start-avhengighet som forteller at aktivitet B først kan starte når aktivitet A er ferdig. Den neste avhengigheten, slutt-til-slutt, viser til aktiviteter som har synkrone sluttidspunkt. Aktivitet B har avhengighet i aktivitet A, men begge aktivitetene avsluttes samtidig. Start-til-start-avhengighet viser aktiviteter som starter samtidig. I slike tilfeller kan aktivitet B ha avhengighet fra aktivitet A, men denne avhengigheten oppstår etter hvert som A og B utvikles. Den siste formen for avhengighet er start-til-slutt-avhengighet. Slike avhengigheter oppstår når starten av aktivitet A fører til avslutning av aktivitet B (Hussein, 2016).



Figur 3-5: Avhengighetstyper (Basert på Hussein, 2016)

AOA-nettverk er en annen form for nettverksdiagram. Her brukes linjene til å illustrere aktivitetene, og nodene illustrerer hendelser mellom aktivitetene. AOA illustrerer

avhengighet ved å vise aktivitetene som må fullføres før en kan begynne på neste aktivitet (Rolstadås et al., 2020). Figur 3-6 illustrerer hvordan en setter opp AOA-nettverk. Her vises det at aktivitet A og B må gjennomføres for å oppnå node 1. Noder beskriver de oppsamlede avhengighetene som må til før neste aktivitet kan fortsette. Eksempelet viser dermed at aktivitet C har avhengighet i aktivitet A og B. Tallet på undersiden av pilen er tiden som medgår for aktiviteten. Denne kan oppgis i uker, dager eller lignende.



Figur 3-6: Eksempel AOA-Nettverk

Gantt-diagram

Fremdriftsplaner kan lages ved kombinere PNS og AON-nettverk i Gantt-diagrammer. Gantt-diagrammer viser de ulike aktivitetenes rekkefølge, avhengighet og varighet (Rolstadås, 2020b). I Gantt-diagrammer plasseres aktivitetene innenfor hvert arbeidsområde i kronologisk rekkefølge langs y-aksen til diagrammet. Deretter illustreres varigheten av aktiviteten som en utstrakt bar langs x-aksen. I sammenstilling av aktiviteter kobles de avhengende barene sammen med bindelinjer. En utfordring med tradisjonell fremdriftsplanlegging av prosjekteringsprosessen er at den planlegges for likt produksjonsprosessen (Austin et al., 2000). Dette fører til at utfordringene med planlegging av iterative prosesser, da de er vanskelig å illustrere med tradisjonelle planer.

Oppfølging av fremdriftsplan

Fremdriften kan kontrolleres ved å utarbeides milepælsplaner som beskriver stadiet prosjektaktiviteter har oppnådd. Milepælsplaner for detaljprosjektering burde ifølge Mejlænder-Larsen (2019) inneholde milepæler som viser modenheten til prosjektering ettersom arbeidet er koordinert mot andre disipliner. Milepælsplaner kan etableres ved å implementere milepæler i fremdriftsplaner. Dette gir oversikt over utviklingen til prosjekteringsarbeidet og når det forventes at arbeidet skal avsluttes.

Mejlænder-Larsen (2019) beskriver hvordan milepælsplaner kan benyttes til å kvantifisere oppfølgingen av prosjektering. Dette gjøres ved å beregne prosent fullført arbeid (PFA). PFA går ut på å kalkulere hvor mange arbeider som er fullført innen en periode, basert på estimert fulførte arbeider i samme periode. Dette er en mer håndfast og pålitelig metode enn tradisjonell fremdriftsoppfølging. Fleming (2010) beskriver at tradisjonell oppfølging baserer en seg på prosjekterende subjektive estimater og meninger om egen progresjon. Dette gir potensielle feilbeskrivelser av den reelle fremdriften da prosjekterende kan underkommunisere faktisk fremdriften.

3.1.4 Oppsummering av prosjekteringsprosessen

Det er ingen direkte faseovergang mellom programmerings-, prosjekterings, og produksjonsprosessen. Dette skyldes at prosessene innehar informasjonsavhengighet. Informasjonsavhengighet fører til iterasjoner i prosjekteringen som igjen fører til utviklende konseptendringer. Endringene påvirker prosjektkostnader da en risikerer at utført arbeid er

bortkastet hvis endringer ikke fører til utvikling. Endringskostanden varierer ettersom når endring oppstår og hvor inngripende endringen er i allerede prosjektert arbeid.

Prosjekteringsprosessens avhengighet varierer mellom høy og lav kompleksitet. PRL får derfor en utfordrende oppgave med å planlegge prosessen. Synkrone prosjekteringsarbeider gjør det utfordrende for prosjekteringsgruppen å vite når prosjektert arbeid skal utføres. En er derfor avhengig av en godt gjennomarbeidet fremdriftsplan.

Tradisjonell fremdriftsplanlegging går ut på å identifisere og strukturere arbeidsinndeling, varighet, avhengighet og rekkefølge. Dette kan gjøres med metodene PNS, AON- og AOA-nettverk før det illustreres i et gantt-diagram. Problemet med slik fremdriftsplanlegging, sett fra prosjekteringen, er at den ikke hensyntar utfordringer knyttet til iterative arbeider.

Ved fremdriftsmåling er det viktig av å knytte milepælsplanlegging opp mot fremdriftsoppfølging. Å tydeliggjøre milepæler i prosjekteringsprosessen vil gi konkret informasjon om fremgangen som forventes av prosjekterende til enhver tid. Det er enklere for PRL å kontrollere fremdrift da en ser hva som er prosjektert mot hva som var planlagt.

3.2 Prosjekteringsplanlegging med Lean

Et prosjekt er lean når en har maksimert prosjektets verdi, samtidig som en har redusert mengden ressursløs (Ballard & Howell, 2003). Lean-prosjektering bidrar til maksimering av prosjektverdi ved å tillate mer tid til utvikling og utforskning av ulike løsningsalternativer (Ballard & Howell, 2003). Dette vil redusere tid og kostnader som medgår til feiliterasjoner da prosjekterende får mer tid til samhandling enn ved tradisjonell prosjektering. Uusitalo et al. (2019) argumenterer for at både sosiale og tekniske utfordringer knyttet til prosjekteringen blir enklere å håndtere ved å benytte lean-prinsipper.

3.2.1 Gode iterasjoner

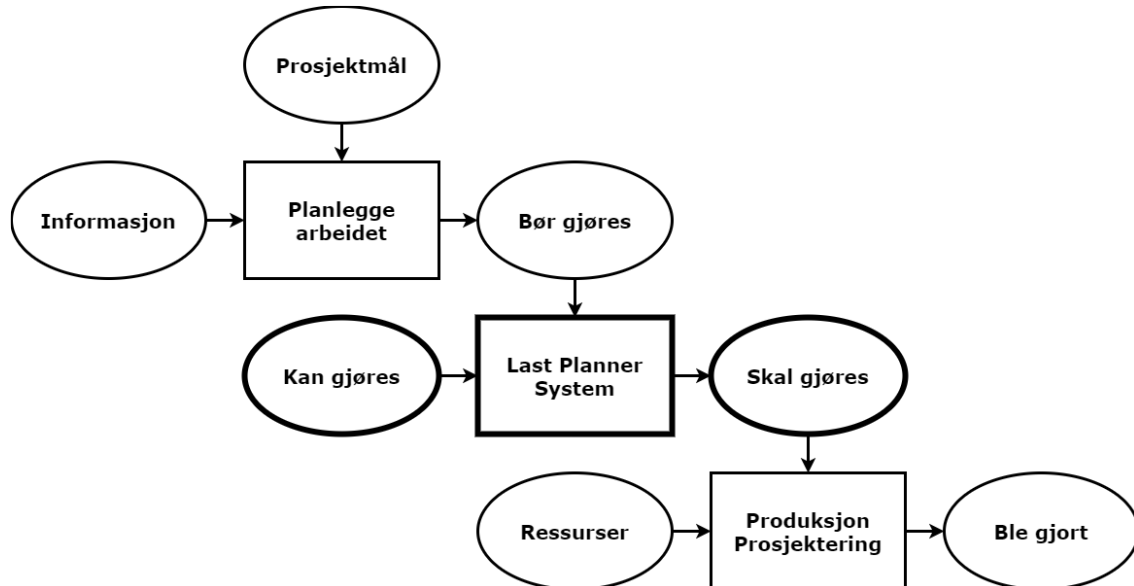
Lean-filosofi kan brukes i prosjektering for å minske sløs i prosjektering og i produksjons. Ballard (2000a) beskriver at iterasjoner i produksjon genererer sløs, mens iterasjoner i prosjektering kan generere verdi. Som beskrevet i kapittel 3.1 så vil endringer i produksjon generere større kostnader enn endringer i prosjektering. Det er derimot ikke sagt at alle iterasjoner som foreligger i prosjekteringen er gode iterasjoner. Det som kan kategoriseres som gode iterasjoner er iterasjoner som medfører ny informasjon eller verdiskapning (Ballard, 2000a). Ny informasjon bidrar til utvikling i prosjekterings samarbeidet, og ny verdiskapning kan være nye løsninger som skaper økt indre effektivitet på prosjektet.

Det er PRLs ansvar å sikre prosjekterings suksess, og dermed deres ansvar å sikre at iterasjoner som gjennomføres er nødvendige og gode. Dette innebærer å strukturere informasjonsflyten slik at tidligere anskaffet informasjon benyttes i fremtidig prosjektering. Iterasjoner som gjennomføres på bakgrunn av glemt, eller neglisjert informasjon er å regne som sløs (Ballard, 2000a). Et annet eksempel på negative iterasjoner er iterasjoner som skyldes feil rekkefølge på informasjonsinnhenting.

3.2.2 Last Planner System

For å strukturere informasjonsflyt og etablere en god ledelsesstruktur i prosjekteringen foreslår Knotten et al. (2015) Last Planner System (LPS). I tillegg til å strukturere informasjonsflyten kan systemet benyttes av PRL i utarbeidelse og oppfølging av fremdriftsplaner (Tauriainen et al., 2016).

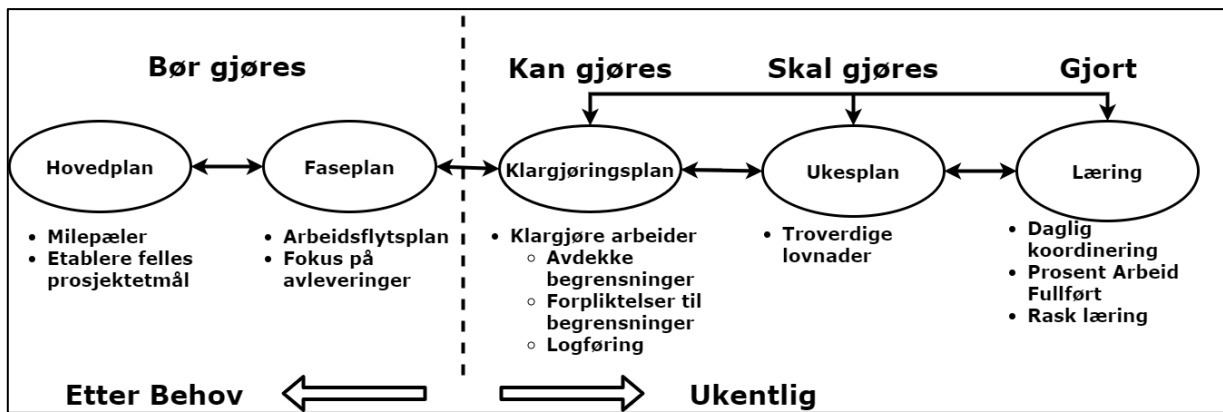
Et av hovedelementene med LPS er å få realistiske perspektiver om arbeidsoppgaver som kan gjennomføres. Ballard (2000b) beskriver at LPS kan brukes for å omgjøre hva som **burde** gjøres til hva som **kan** gjøres. Ut fra dette kan det produseres gjennomførbare fremdriftsplaner. Figur 3-7 illustrerer den systematiske prosessen med LPS der en ser på hva som bør gjøres og hva som kan gjøres, før en bestemmer hva som skal gjøres.



Figur 3-7: Last Planner System (Basert på Ballard, 2000)

I Last Planner skal en involvere alle parter som påvirkes av valgene som fastsettes. Dette fordi en ønsker bakover-planlegging for å etablere god arbeidsflyt og å kartlegge hvilke arbeidsoppgaver som avhenger av hverandre (Kalsaas, 2017). Dette er en løsning på hvordan en kartlegger samlede, sekvensielle, gjensidige og intensive prosesser. Kalsaas (2017) og Ballard (2000b) beskriver hvordan LPS benyttes til å planlegge hva som må gjøres for å nå ønskede milepæler. Inndelingen av arbeidsoppgaver og tidsestimater ved bruk av LPS kan kombineres med PFA som beskrives av Mejlænder-Larsen (2019).

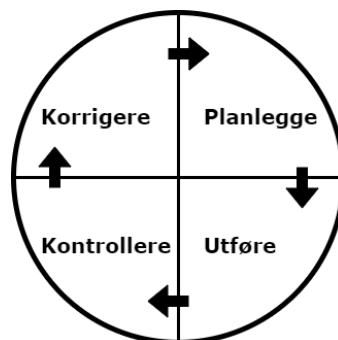
LPS gir mulighet til å strukturere produksjonen ut fra overordnede hovedplaner og mer detaljerte ukeplaner (Ballard, 2000b). Det argumenteres for at samme prinsipper kan benyttes for å få struktur på prosjekteringsprosessen (Ballard & Howell, 2003; Heigermoser et al., 2019; Uusitalo et al., 2019). Figur 3-8 illustrerer Ballards (2000b) forslag til hvordan en utarbeider overordnede hovedplaner og mer detaljerte ukeplaner. Hovedplanen burde inneholde milepæler som skal oppnås i prosjekteringen. Dette burde være forankret i prosjekteringsgruppens felles prosjektmål for prosjekteringsprosessen. Faseplanen benyttes for å planlegge arbeidsflyten mellom de ulike prosjekterende, samt hvordan avleveringer skal være. Etter at den overordnede hovedplanen er etablert endres fokuset til hva som kan gjøres. Dette går ut på å klargjøre hvilke begrensninger som foreligger prosjekteringsarbeidet, og å avdekke hvilke avhengigheter som foreligger de ulike oppgavene. Deretter kan en planlegge ukeplaner. Ukeplanene utarbeides på bakgrunn av den informasjonen som er avdekket i faseplanleggingen og klargjøringsplanene, og satt sammen på bakgrunn av troverdige lovnader mellom prosjekterende og PRL. Til slutt går en gjennom hva som er gjort, og en kan gjennomføre PFA for å avdekke hvor en må fokusere prosjekteringen videre.



Figur 3-8: Fremdriftsplanlegging med LPS (Basert på Richert, 2017)

3.2.3 PDCA – Demings sirkel

Et av hovedprinsippene i lean-filosofi er kontinuerlig forbedring. En strategi for å oppnå dette er Plan – Do - Check – Act (PDCA), også kjent som Demings sirkel. Kunz og Fischer (2020) mener denne metoden sikrer vellykkede prosjekteringsprosesser, og beskriver metoden som egnet i oppfølging av prosjekteringsoppgaver. I PDCA skal en først etablerer planer, deretter utfører dem, før en kontrollerer, og til slutt korrigerer planene. Dette er illustrert i Figur 3-9. Knotten et al. (2015) mener at komplekse byggeprosjekter består av kontinuerlige prosesser. I slike prosjekter må det tilrettelegges for re-planlegging. Dette fordi det fort kan forekomme forsinkelser eller lignende. Ved å benytte PDCA vil en kunne etablere fremdriftsplaner med fastsatte tidspunkt for korrigeringer. Dette vil fungere som et kontinuerlig planleggingsverktøy for å sikre korrekte og overkommelige prosjektplaner.



Figur 3-9: Demings Sirkel

3.2.4 Oppsummering av prosjekteringsplanlegging med Lean

Lean-filosofi handler om å minske unødvendigheter som fører til sløs, og å skape mest mulig verdi i de løsningene som prosjekteres. Fra entreprenørs perspektiv går dette ut på å prosjektere de løsningene som gir laveste kostnader, kortest byggetid, men som fremdeles gir ønsket kvalitet.

For å få lean-prosjekteringsplanlegging er det viktig å vite hvilke iterasjoner som er gode og riktige. Det er ikke et hovedprinsipp å etterstrebe færrest mulig iterasjoner for å redusere kostnader og tid. Hovedprinsippet burde være å få iterasjoner som skaper verdi i form av ny informasjon eller verdifulle løsninger. Dette kan eksempelvis gjøres ved å gi prosjekterende bedre tid til samhandling og utarbeidelse av løsninger.

For å planlegge prosjekteringsprosessen kan en benytte LPS. Systemet går ut på at en involverer alle som påvirker prosessen i planlegging fra slutt til start. Ut fra informasjonen

som skaffes får en bedre grunnlag for å etablere hovedplaner for fremdrift, men også detaljerte ukeplaner som beskriver hva prosjekterende skal levere. Denne fremdriftsmåten vil forenkle oppfølging og kontroll av prosjekteringsprosessen.

Et viktig prinsipp i lean-prosjekteringsplanlegging er å kontinuerlig følge opp og korrigere etablerte planer. PDCA er en metode for å gjøre dette, og den gir muligheter for å kontinuerlig forbedre planlagte prosesser. Ved å iverksette en slik praksis i prosjekteringen vil en få mulighet til å korrigere planer dersom de ikke kan følges. Slik kan en sikre at utilstrekkelige planer blir korrigert ved jevne mellomrom. Å ikke korrigere planer kan føre til store forsinkelser og fiasko på prosjektet.

3.3 Prosjekteringsplanlegging med BIM

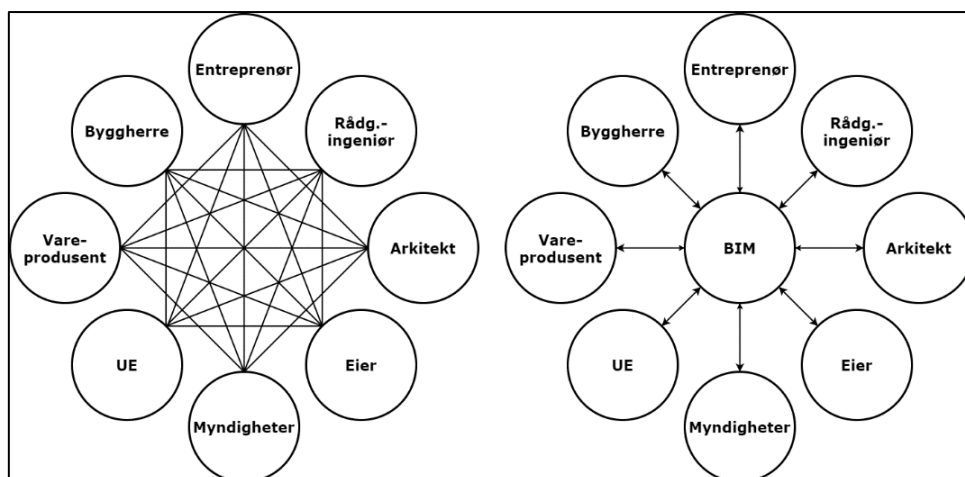
I dagens byggenæring er BIM et stadig mer anvendt verktøy. BIM beskrives som en digital visning av prosjekter og brukes i digitaliseringen av informasjonsflyt (Miettinen og Paavola, 2014). BIM øker effektiviteten av prosjekteringen ved å bruke programvarer for 3D- og sanntids-modellering (Sacks et al., 2010).

Utfordringer knyttet til BIM er anvendelser av ulike programvarer, opplæring av ansatte og kostander (Elmualim & Gilder, 2014). Tauriainen et al. (2016) argumenterer for at det er for lite kunnskap om BIM hos prosjektledere. Det er utfordrende når prosjektledere ikke tilrettelegger for BIM på grunn av lite kunnskap om utfordringer og omfang tilknyttet BIM-baserte prosesser. Det er PRLs ansvar å føre innovasjonen av BIM inn i ethvert prosjekt, og sørge for at alle aktører har mulighet til å kommunisere på tvers av ulike BIM-formater.

I dette kapitlet er det sett nærmere på hvordan samprosjektering, kommunikasjon, planlegging og oppfølging gjøres med BIM. Årsaken er at det ønskes å gjøre rede for hvordan BIM kan anvendes for å planlegge prosjekteringsprosesser. Det er ikke gjort rede for hvordan BIM benyttes teknisk. Tekniske beskrivelser av BIM er et teoretisk område som antas at faller utenfor denne oppgavens avgrensning.

3.3.1 Samprosjektering og kommunikasjon

Ved overgang fra tradisjonell til BIM-basert prosjektering anbefaler Abou-Ibrahim & Hamzeh (2016) at kommunikasjon- og informasjonsflyt går via BIM. Dette skiller seg fra tradisjonell prosjektering der kommunikasjon- og informasjonsflyt går på tvers mellom aktører. Se Figur 3-10. Når informasjon lagres i modell åpner en for raskere tilbakemeldinger fra prosjekteringsgruppen noe som bedrer samhandlingen (Zoe et al., 2013)



Figur 3-10: BIM-basert og tradisjonell kommunikasjon (Basert på Chen, 2005)

For å utnytte potensialet til BIM er det viktig at alle aktører benytter samme modell (Svalestuen et al., 2017). Dette kan redusere mengden unødvendige iterasjoner, og en kan få bedre kontroll og systematisering gjennom en mer strømlinjeformet prosess (Abou-Ibrahim & Hamzeh, 2016; Tauriainen et al., 2016). Det første som burde gjøres i BIM-basert prosjektering er ifølge Tauriainen et al. (2016):

- 1) Gi instruksjoner på hvordan modellering skal gjennomføres.
- 2) Gi instruksjoner på hva modell skal inneholde.
- 3) Presisere at prosesser og instruksjoner relatert til prosjektering skal følges nøye.

BIM er et hjelpemiddel for å bedre asynkron kommunikasjon (Knotten et al., 2015). Det vil også bedre synkron kommunikasjon ved å kombineres BIM med ICE-metodikk. ICE (Integrated Concurrent Engineering) er en metode for interaktiv prosjektering der en samler alle prosjekterende i samme lokale (Hermundsgård, n.d.). Svalestuen et al. (2017) beskriver at en oppnår mest effektiv asynkron kommunikasjon gjennom BIM, og den mest effektive formen for synkronisert kommunikasjon gjennom «Face-to-face at BIM device». Dette skyldes at kommunikasjon med BIM gir bedre beskrivelser av grensesnittsutfordringer enn hva tidligere prosjekteringsverktøy har hatt mulighet til.

3.3.2 Planlegging og oppfølging

Ved å benytte BIM i prosjektering oppstår nye muligheter for fremdriftsplanlegging. Fremdriftsplanlegging vil utføres ved å definere hvilke elementer som må modelleres, når elementene må være modellert, hvilken modenhet som kreves av modell og hvem som skal utføre modelleringen (Abou-Ibrahim & Hamzeh, 2018).

Ved bruk av LOD kan prosjekterende og PRL lettere måle utført prosjektering mot planlagt prosjektering enn ved tradisjonelle metoder. Dette gjennom å måle utført modellering mot planlagt modellering som er mer konkrete faktorer (Hooper, 2015). Det er av Kunz og Fisher (2020) beskrevet at PDCA er metode som egner seg godt for oppfølging i BIM-prosesser. De anbefaler at en benytter prosjekteringsmøter med ICE-metodikk, og går stegvis gjennom punktene i PDCA.

3.3.3 Oppsummering av Prosjekteringsplanlegging med BIM

BIM er et verktøy som forenkler informasjonsflyt i prosjekteringsgruppen. Dette effektiviserer prosjekteringsprosessen ved å digitalisere kommunikasjons og samhandlingsmønsteret til prosjekterende. Utfordringer knyttet til dette er kostander, ulik erfaring, manglende opplæring og ulike programmer. Utfordringene kan medføre kompleks og utfordrende samprosjektering.

For å øke nivå av samprosjektering er det viktig at alle i prosjekteringsgruppen jobber i samme modell. Slik oppnår en BIMs fulle potensiale, minsker unødvendige iterasjoner og skaper en kontrollert og oversiktlig prosess. Det burde etableres retningslinjer for hvordan prosjekteringsgruppen skal modellere slik at samprosjektering effektiviseres.

For å oppnå best mulig samprosjektering er det viktig med god kommunikasjon i prosjekteringssamarbeidet. BIM gir betydelig bedre forutsetninger for dette da prosjekterende i større grad kan adressere problemer og konflikter i modell. Dette gjelder spesielt for asynkrone kommunikasjoner der avhengigheten mellom gruppe-medlemmer er lav. For mer komplekse og synkrone kommunikasjonsavhengigheter vil BIM være et verdifullt verktøy som prosjekterende kan bruke i kommunikasjon med hverandre.

Fremdriftsplanlegging og oppfølging av BIM gjennomføres ved å kontrollere modenhetsgrad til modeller. Metodene lar PRL planlegge prosjekteringen ut fra når objekter skal modelleres, hvilke objekter som skal modelleres og hvem som skal modellere.

3.4 Modellmodenhet

Økningen i bruk av BIM medfører etterspørsel etter standardiseringer, og metoder for hvordan verktøyet skal benyttes (Ekholm et al., 2013; Miettinen og Paavola, 2014). I dette delkapittelet presenterer metodene LOD og MMI som gir rammeverk for strukturering av BIM-baserte prosjekteringsprosesser.

3.4.1 Level of Development

LOD baserer seg på pre-definerte nivåer som beskriver modenhetsutvikling av BIM-objekter (McPhee, 2013). Hensikten er å beskrive BIM-objekters utvikling med LOD-nivåene. Dette gir prosjekterende mulighet til å formidle progresjonen i sitt arbeid (Hooper, 2015). LOD vil forenkle planleggingen av prosjektering da prosjekterende og PRL kan avgjøre om planlagt arbeid er utført (Svalestuen et al., 2018). LOD-nivåer er beskrevet i veiledende standard som er publisert av BIMforum (BIMforum, 2019). De ulike nivåene illustreres i Figur 3-11 og er beskrevet som følger:

LOD 100: Modellelementer kan representeres grafisk som generiske objekter, men tilfredsstillende ikke krav for LOD 200.

LOD 200: Modellelementer er grafisk fremstilt i modell som et spesifikt objekt, system eller en samling med tilnærmet mengde, størrelse, plassering og orientering.

LOD 300: Modellelementer er grafisk fremstilt i modell som et spesifikt objekt, system eller samling i form av mengde, størrelse, form, plassering og orientering.

LOD 350: Modellelementer er grafisk fremstilt i modell som et spesifikt objekt, system eller samling i form av mengde, størrelse, form, plassering og orientering. Element er kontrollert mot grensesnittet til andre modeller.

LOD 400: Modellelementene er grafisk fremstilt i modell som et spesifikt objekt, system eller samling i form av mengder, størrelse, form, plassering og orientering med detaljering. Modell inneholder produksjons- og installasjonsinformasjon.

LOD 500: Modellelement er grafisk fremstilt «Som-bygget» i form av størrelse, form, plassering, mengde og orientering.

LEVEL of DEVELOPMENT				
LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
Concept (Presentation)	Design Development	Documentation	Construction	Facilities Management
DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: DEPTH: HEIGHT:	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085
MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 100	MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 200	MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 300	MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 400	MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra PURCHASE DATE: 01/02/2013
(Only data in red is useable)				
practicalBIM.net © 2013				

Figur 3-11: Illustrasjon av LOD-nivåer (McPhee, 2013)

LOD-nivåer kan brukes til å lage fremdriftsplaner som baseres på modenhetsutviklingen til objektene (Hooper, 2015; Svalestuen et al., 2018). Dette vil være et verktøy som kan hjelpe PRL i å planlegge rekkefølge, og å tilrettelegge for gode iterasjoner i prosjekteringen.

LOD er et verktøy som har utviklet seg siden det først ble tatt i bruk i 2005 (Hopper, 2015). Fremdeles er det en usikkerhet rundt egnetheten til LOD da brukere opplever det som for teoretisk og detaljorientert (Hooper, 2015; Nøklebye et al., 2018). For mye fokus på enkeltobjektets utvikling gjennom grafisk nøyaktighet og objektets informasjon er argumenter som taler mot bruken av LOD (Abou-Ibrahim & Hamzeh, 2017; Garcia et al., 2018). Det er observert at brukere vegrer seg for å benytte LOD fordi det ikke skaper nok verdi for prosjekteringsprosessen (Hooper, 2015).

3.4.2 Modellmodenhetsindeks

I 2017 publiserte Construction Industry Institute (CII) nye enheter for måling av BIM-basert prosjektering (Eray et al., 2018). MMI baserer seg på samme nivåinndeling som LOD, men MMI definerer sammensatte modellers grafiske og informasjonsmodenhet. Dette skiller seg fra LODs separate fokus på individuelle objektenes grafiske visning og informasjonsinnhold (Abou-Ibrahim & Hamzeh, 2017). En annen ulikhet er ifølge Eray et al. (2018) at LOD fokuserer mer på detaljer knyttet til enkeltobjektets utvikling. Med MMI får en bedre beskrevet utviklingen av fagmodeller fra oppstart prosjektering til ferdigprosjektert fagmodell er bygget på plass.

I 2018 presenterte Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF), Arkitektbedriftene og Entreprenørforeningen – Bygg og Anlegg (EBA) en norsk bransjestandard på hvordan MMI skal benyttes i byggenæringen (Fløisbonn et al., 2018). Formålet med standardiseringen er å benytte MMI som et språk innen fremdriftsplanlegging av prosjekteringsprosessen. Dette skal forenkle kartleggingen av modenhetsutvikling til de ulike fagenes BIM-modeller, slik at prosjekterende får bedre kommunikasjon. Statsbygg lanserte i 2020 en revidert utgave av egen BIM-manual (Statsbygg, 2020). I BIM-manualen anbefales prosjekterende å benytte Fløisbonn et al. (2018) oppsett for MMI ved måling av modenhet.

Modenhetsinndelingen til Fløisbonn et al. (2018) er tilnærmet lik CIIs, unntatt CIIs siste nivå MMI 600. MMI 600 er et nivå som gir modellstatus «som-bygget» med innprogrammert FDV-informasjon (Eray et al., 2018; Garcia et al., 2018). Resterende MMI-nivåer presentert av Fløisbonn et al. (2018) er illustrert i Figur 3-12 og er beskrevet som følger:

MMI 100 – Skisse: Prosessen frem mot MMI 100 innebærer å etablere ett eller flere forslag til løsning. Objekter ved MMI 100 er å anse som et skisseforslag. Dette innebærer at det kan være modellert flere alternative forslag til løsninger og at det kan skje større endringer i design på kort tid. I prosessen frem mot MMI 200 velges løsninger og konsepter.

MMI 200 - Ferdig konsept: Objektene er å anse som gjennomarbeidet med tanke på design av konseptuell løsning. Det forutsettes at det ikke forekommer større endringer i konseptene som påvirker andre fag etter MMI 200.

MMI 300 - Klar for tverrfaglig kontroll: Ved MMI 300 skal objektene være koordinerte innen enkeltdisipliners modeller. Objekter relevant for tverrfaglig koordinering skal være modellert og ikke være i konflikt med andre objekter i samme disiplin. Objektene skal ha riktig størrelse og plassering.

MMI 350 - Utført tverrfaglig koordinering: Ved oppnådd MMI 350 skal objektene være tverrfaglig koordinert med hensyn til alle objekter i tilgrensende disipliner. Tverrfaglig koordinering vil ofte være en iterativ prosess, først ved slutført koordinering mellom alle tilgrensende disipliner oppnår objektene denne statusen.

MMI 400 – Produksjonsunderlag: Status som produksjonsunderlag forutsetter at objektene er kontrollert og godkjent for bygging. Eventuelle konflikter eller innspill til endring av design sendes til prosjekterende disipliner for gjennomgang. Ved utsjekk av alle tilbakemeldinger, er objektet klar for produksjon, MMI 400.

MMI 500 - Som bygget: Avhengig av krav til «som bygget»-dokumentasjon oppdateres modellene i henhold til denne statusen av de prosjekterende.



Figur 3-12: MMI - nivåer (Basert på Fløisbonn et al., 2018)

Planlegge bruk av MMI

Styrvold et al. (2019) anbefaler hvordan MMI burde implementeres i prosjektering. Det første som må gjøres er et oppstartsmøte med prosjekterende der strategi for prosjektet blir forankret. Strategien omhandler definering av prosjektmål, hvilken rolle de ulike prosjekterende har og hvordan BIM skal benyttes. Etter å ha kartlagt prosjekterendes BIM-ferdigheter burde en avdekke om prosjekterende har tidligere erfaringer fra MMI. Deretter burde det ses nærmere på behov for detaljeringsgrad av fagmodellene til de ulike prosjekterende. Er noen leveranser svært ressurs og tidskrevende burde det utformes kontrakter som spesifiserer dette.

Prosjektmodenhetsnivåer

Ved hvert enkelt prosjekt burde prosjekteringsgruppen vurdere en prosjektilpasset inndeling av modenhetsnivåer (Fløisbonn et al., 2018; Statsbygg, 2020). Siden det ikke er etablert nasjonale standardiseringer av MMI-nivåer kan det etableres prosjektnivåer som alle prosjekterende er kjente med. Dette fordi byggeprosjekter består av flere samarbeidende bedrifter som kan ha etablert egne standarder for bruk av MMI (Garcia et al., 2018). Statsbygg (2020) har lansert en mer detaljert nivåinndeling som bygger på EBAs oppsett. Se Vedlegg 3. Det anbefales at prosjekteringsgrupper baserer seg på EBAs hovednivåer, men selv defineres hvilke nivåer som er nødvendige.

Å involvere prosjekterende i valg av modenhetsnivåene kan være et virkemiddel for å stryke deres tilhørighet og eierskap i prosjektet. Svalestuen et al. (2015) påpeker dette som nøkkelelementer for en vellykket prosjektering. Nøklebye et al. (2018) mener dette kan hindre problemer rundt kulturell treghet i implementeringen. Et suksesskriterium for implementeringa av MMI er å kun benytte det som er nødvendig i rammeverk (Nøklebye et al., 2018). Dette er overførbart til modenhetsnivåer der hver prosjekteringsgruppe må kunne se hvilke nivåer som er nødvendig i sitt arbeid. Å kun velge nødvendige modenhetsnivåer er noe som anbefales av Styrvold et al. (2019). Garcia et al. (2018) understreker at ikke alle fagmodeller har behov for alle modenhetsnivåene. Prosjekterende burde derfor uttale seg om egne behov for modenhetsutvikling av modell.

Prosjektinndeling

Fløisbonn et al. (2018) anbefaler at prosjekter deles inn i ulike soner. Eksempelvis kan en sone være et gulv, et rom, en etasje eller et bygg (Nøklebye et al., 2018; Styrvold et al., 2019). Dette vil gi en segmentert oversikt over prosjektet, noe som er behjelpende i planleggingen av prosjekteringsarbeider. Et alternativ for soneinndeling er systeminndeling (Garcia et al., 2018; Styrvold et al., 2019). Dette vil si å dele prosjektet inn i tekniske fag, strukturelle fag eller i områder av prosjektet med grensesnitt mellom ulike disipliner.

Prosjekteringsleveranser

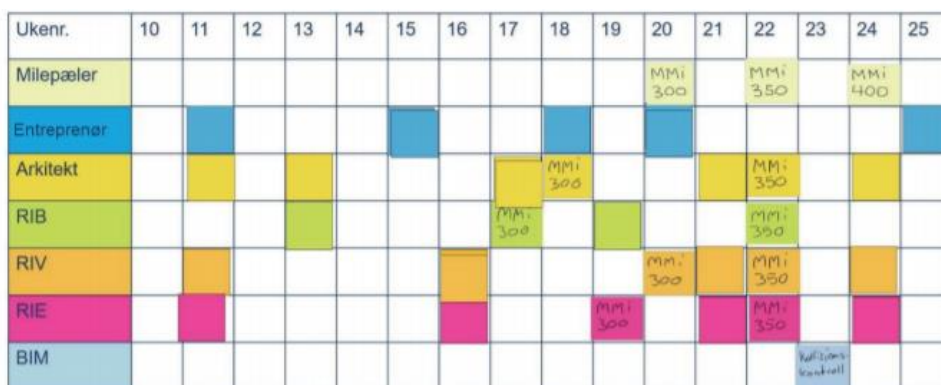
Prosjekterende skal for hver sone eller system lage lister med prosjekteringsleveranser (Fløisbonn et al., 2018; Styrvold et al., 2019). Prosjekteringsleveransene er de arbeidene prosjekterende skal gjennomføre innenfor hver sone. Resultatet av leveransene kan være enkeltstående- eller sammenhengende BIM-objekter. For tilhørende BIM-objekter må det defineres krav for hva som utvikler objektene fra et modningsnivå til et annet. Erfaringer fra LOD viser at for detaljerte beskrivelser av enkeltobjekter kan føre til at bruken blir for teoretisk og detaljorientert (Abou-Ibrahim & Hamzeh, 2017; Hooper, 2015; Nøklebye et al., 2018). Prosjekterende vil få bedre kjennskap og eierskap til leveransene hvis de involverer i utarbeidelsen av leveransekrav (Styrvold et al., 2019). Et eksempel på prosjekteringsleveranser for sone og system er vist i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Eksempel prosjekteringsleveranser (Basert på Fløisbonn et al., 2018)

Fagmodeller	Objekter	MMI
ARK	Yttervegger, Innervegger, himling sjakter	300
RIV	Hovedføringer vertikalt og horisontalt	200
RIE	Hovedføringer vertikalt og horisontalt	200

Fremdriftsplanlegging

Modenhetsutviklingen til BIM-objektene benyttes for å etablere fremdriftsplaner for prosjekteringsprosessen (Fløisbonn et al., 2018). For å kartlegge avhengigheter må prosjekterende forklare hvilket modenhetsnivå andre fagmodeller må oppnå, for at de selv kan videreutvikle egen prosjektering. Fremdriften planlegges så gjennom lappeplanteknikk (Styrvold et al., 2019). Lappeplanteknikken er en fremvisning av avhengighet som er enkel for prosjekteringsgruppen å forstå. I lappelanen burde det implementeres milepæler når alle fagmodeller i en sone/system har oppnådd et nytt modenhetsnivå. For illustrasjon av lappeplan se Figur 3-13. Nøklebye et al. (2018) mener at å dele opp fagmodeller i enkeltobjekter ville gi dårligere forutsetninger for fremtidsplanlegging. Dette fordi det var vanskelig for prosjekterende og følge den overordnede flyten mellom leveransene.



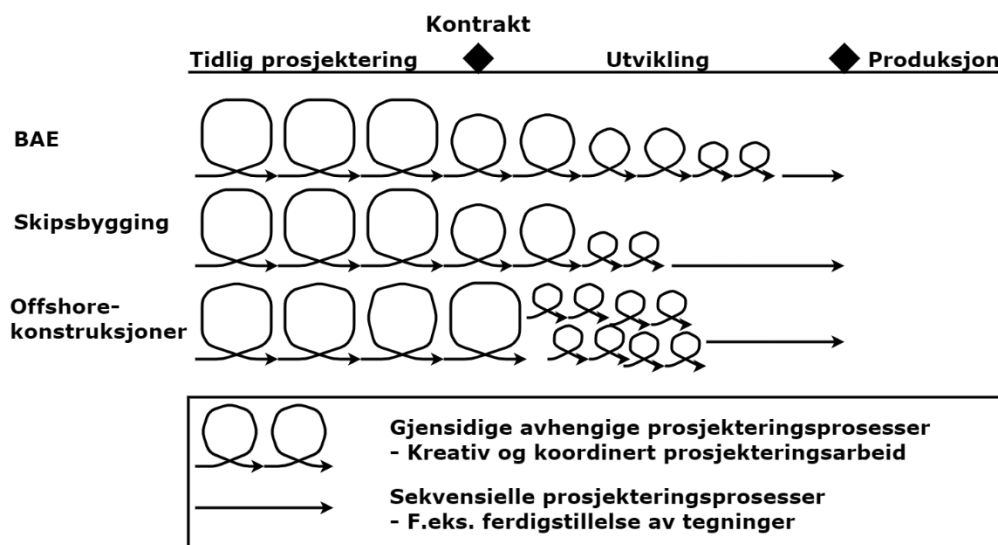
Figur 3-13: Lappeplan (Fløisbonn et al., 2018)

Oppfølging

Ved å etablere fremdriftsplaner basert på fagmodeller med MMI-nivå kan PRL kontrollere utført prosjektering mot planlagt prosjektering (Styrvold et al., 2019). Dette burde gjøres ved jevnlig prosjekteringsmøter i form av ICE-sesjoner (Nøklebye et al., 2018). Belsvik et al. (2019) anbefaler å benytte PFA til å måle oppnåelse av modenhetsnivåer. Hvis en oppdager at levert prosjektering ikke tilfredsstillende angitt MMI-nivå burde prosjektering settes tilbake i modenhet (Garcia et al., 2018). Dette også i tilfeller der en er nødt til å endre utført prosjektering av andre eksterne eller interne årsaker.

3.4.3 Iterasjoner med modenhetsutvikling

I BAE er det en annen tilnærming til hvordan sekvensielle og gjensidige avhengigheter håndteres enn i lignende næringer (Svalestuen et al., 2018). Sammenlignet med offshore-konstruksjoner og skipsbygging varer gjensidige prosesser lengre i BAE. Denne sammenligningen vises i Figur 3-14. Knotten et al. (2016 funnet via Svalestuen et al., 2018) mener at BAE kan lære av hvordan offshore-konstruksjoner prosjekteres og hvordan de benytter BIM. I planleggingen av offshore-konstruksjoner benyttes lean kombinert med modenhetsutvikling av BIM. Ifølge Svalestuen et al. (2018) «Tillater dette at de kreative gjensidige prosjekteringsprosessene holder på lengre for hvert enkelt prosjekteringsområde». Dette er i samsvar med det som ble beskrevet i kapittel 3.2.1 om hva som skaper gode iterasjoner. Ved å benytte lappeplanteknikk og modenhetsnivåer skapes et oppsett for å adoptere offshore-konstruksjoners prosjekteringsprosesser. Dette gjennom å kartlegge hvilke leveranser som må komme til hvilket tidspunkt i prosjekteringen. Modenhetsnivåene lar oss planlegge utviklingen til ulike leveranser, samtidig som det gir oss milepæler som tilrettelegger planlegging av prosjekteringen tettere opp mot produksjonstidspunktet.



Figur 3-14: Sammenligning av gjensidig og sekvensielle prosjekteringsprosesser i ulike industrier (Basert på Svalestuen et al., 2018)

3.4.4 Oppsummering av modenhetsutvikling

For å måle fremdriftsutvikling i BIM-basert prosjektering ble LOD utviklet for å hjelpe prosjekterende i kartlegging av fremdrift. Nivåene gir ulike beskrivelser som viser BIM-objekters modenhetsutvikling etter forhåndsgitte parametere. Utfordringen med LOD er at det fokuserer for mye på teoretisk og detaljert utvikling av objekter. Dette medfører at LOD oppfattes som lite verdiskapende for prosjekteringsprosessen da fokusområdet ligger på å utvikle enkeltobjekter fremfor å utvikle en helhetlig BIM-modell.

EBA publiserte i 2018 et LOD-lignende verktøy med navn Modellmodenhetsindeks. I 2020 implementerte Statsbygg MMI i deres BIM-manual som en anbefalt struktur for å bedre kommunikasjon og planlegging i BIM-basert prosjektering. MMI baserer seg på modenhetsnivåer som LOD, men fokusområdet ligger på modenhetsutviklingen av hele modeller og ved grensesnitts-utfordringer mellom disipliner. Dette gjennom å bryte prosjektet ned i soner/systemer hvor prosjekterende beskriver egne leveranser og informasjonsbehov for å utvikle prosjekteringen. Ut fra dette skapes en fremdriftsplan med milepæler slik at PRL enkelt kan følge opp planlagt prosjektering mot utført prosjektering.

MMI tilbyr prosjekteringsgruppen en oversiktlig prosess med språk for måling av fremdrift og utvikling av BIM-prosjektering. Ettersom prosjekterende får grunnlag for å kommunisere status og behov for videreutvikling av modell, gir MMI bedre forutsetninger for å løse synkrone og asynkrone prosjekteringsprosesser. Dette kan gi prosjektering i BAE-prosjekter mulighet til å adoptere strategier som benyttes i prosjektering av offshore-konstruksjoner. Ved å legge til rette for kommunikasjon og tidlig utarbeidelse av fremdriftsplaner, vil en kunne investere mer tid til prosjektering. Denne investeringen blir mulig da en får planlagt prosjekteringsprosessen tettere mot produksjonsprosessen. Dette gir prosjekterende mer tid til å finne nye og bedre løsninger for en mer effektiv drift og produksjon av prosjektet.

3.5 Kunnskapsgap

I teorien er det beskrevet forventede synergieffekter ved bruk av MMI i BIM-baserte prosjektering. Det er funnet studier som beskriver MMI-oppsettet, og som gir anbefalinger for implementering. Derimot er det funnet få studier som viser hvordan MMI fungerer i praksis. Dette innebærer at det er lite informasjon som beskriver hvordan rammeverket bidrar til å bedre planlegging, utføring, kontroll og korrigerende av prosjekteringsprosessen. En konsekvens av dette kan være at brukere av MMI definerer egne bruksmetoder. Varierende tilnærminger vil motvirke grunnprinsippet til MMI, som er å etablere et standardisert kommunikasjonsverktøy i prosjekteringsprosesser med BIM. For å løse utfordringen vil det være nyttig å sette søkelys på hvordan MMI kan benyttes. Slik skapes et utgangspunkt for å undersøke styrker og svakheter ved bruk, samt komme med anbefalinger om fremtidig bruk. Slike studier kan bidra til at BAE-næringen får en standardisering for kommunikasjon i BIM-basert prosjektering. En standardisert bruk av MMI vil gi forutsigbarhet som prosjekterende, entreprenører og byggherre vil få merverdi av.

4 Resultat

I resultatkapittelet presenteres relevante funn fra gjennomførte studier. Relevante funn inneholder informasjonen som bidrar til å besvare forskningsspørsmålene. Kapittelet er strukturert etter Demming sirkel for å tydeliggjøre de ulike delene av prosjekteringen. Måling og korreksjon er kombinert i et felles kapittel kalt oppfølging. Ved å knytte funn opp mot planlegging, utførelse og oppfølging, vil sammenhengen i MMI formidles bedre.

4.1 Planlegging

Dette delkapittelet presenterer resultatene for planlegging av MMI. Delkapittelet er delt inn i involvering, opplæring, forankring og planlegging. I tillegg er det studert hva som oppfattes som styrker og svakheter, og hvordan en burde tilrettelegge MMI i fremtidige prosjekter.

4.1.1 Tilnærming på caseprosjekt

Involvering

Entreprenøren ønsket i caseprosjektet å investere mer ressurser i prosjekteringsprosessen. Dette innebar ekstra tid til prosjektering, og mål om å involvere prosjekterende tidlig. Observasjoner viser at det resulterte i tidlig kontrahering av ARK, RIB og RIVA. Intervjuperson 1 og 3 forklarer at RIVA ble kontrahert som følge av disiplinenes avhengende informasjon til gravearbeider.

Opplæring

Opplæring i BIM og MMI ble gjennomført enkeltvis med hver prosjekterende etter at de var kontrahert. Dette for å skape en åpen og trygg dialog med den prosjekterende. I opplæringen ble det forklart hvordan BIM-modeller skulle lastes opp på prosjekthotell, og hvordan modenhetsnivåene skulle benytte for å kommunisere utviklingen til fagmodeller. Dette ble satt i sammenheng med hvordan soneinndelingen var på prosjektet. I observasjoner av opplæringsmøter kommer det frem at prosjekterende skal levere leveranslister. I listen skulle det være beskrevet informasjon som vist i Tabell 4-1.

Tabell 4-1: Oppbygning leveranseliste

Informasjon:	Beskrivelse:
Leveransenavn	Hvilken leveranse listen tilhører
Informasjon	Hvilken informasjon fra andre fag som behøves for å modne leveransen
Tidsaspekt	Hvor lang tid arbeidet tar etter at informasjon er innhentet

Forankring

Opplæringen fremstår som primærtiltak for å forankre MMI i prosjekteringen. Observasjoner viser at PRL sporadisk oppmuntrer prosjekterende til å kommunisere med modenhetsnivåer. Oppmuntringen skjer i prosjekteringsmøtene der alle aktørene er samlet. Prosjekteringsmøtene er ukentlige møter der en formidler status på prosessen. Før prosjekteringen ble igangsatt var det av PRLs oppfatning at MMI forankres gjennom bruk. For å sikre en mer BIM-basert prosjektering ble det investert i teknologi som skulle forenkle deling og håndtering av informasjon. Teknologien var et sky-basert prosjekthotell med mappestrukturer og digitale visninger av IFC, DWG og PDF-filer. Prosjekthotellet skulle også benyttes i tverrfaglig koordinering av BIM da det medfulgte funksjoner for dette. Ved å

tilrettelegge for BIM-baserte prosesser tilrettela PRL for bruk av MMI-beskrivelser av prosjekterendes BIM-modeller.

Planlegging

Observasjoner viser at modenhetsnivåene og soneinndelingen bestemmes før prosjektering starter. Modenhetsnivåene er planlagt på bakgrunn av PRLs antagelser om prosjektets modenhetsgrad. Intervjuperson 1 og 3 mener at MMI-rammeverket må være planlagt før prosjekterende involveres. De forteller at sonerekkefølgen er planlagt etter rekkefølgen i produksjon. Dette fordi det er arbeider tidlig i produksjonen som må prosjekteres ferdig først. Det er av PRLs oppfatning at prosjekteringsleveranser blir for omfattende å planlegge uten prosjekterende. Dermed var ingen leveranser planlagt på forhånd. Intervjuperson 1 mener at prosjekterende må involveres i en dialog for å planlegge prosjekteringsleveranser, men at det til slutt er PRL som bestemmer rekkefølgen. PRL har ikke hatt mulighet til å planlegge fremdriftsplan på prosjektet. Dette fordi en er avhengig av leveranselister og leveranseavhengighet fra prosjekterende.

4.1.2 Styrker og svakheter

Involvering

Tre av fire prosjekterende oppfatter eget involveringstidspunkt som tilstrekkelig for *egne* arbeider. Tidliginvolveringen av prosjekterende skapet forventninger om en prosess der de kan skape bedre prosjektkonsepter. Dette skulle gi mer tid til å skissere bedre løsninger for prosjektet. En majoritet av intervjupersonene mener at avsatt tid til prosjektering burde være tilstrekkelig for å ferdigstille prosjektering.

Tross investeringen i tid, og at prosjekterende er fornøyde med *egnet* involveringstidspunkt, mener seks av sju intervjupersoner at det skulle vært tidligere kontraheringer. Årsaken til dette er uforventede grensesnitts-problemer mellom ulike fag. Som observasjoner viser, er prosjekterende først kontrahert når avhengende informasjonsbehov oppstår. Dette medfører forsinkelser i prosjekteringen, og et observert eksempel er: Arkitekt uttrykket behov for bygningsdetaljer godkjent av RIBfy, RIAku og RIBr i prosjekteringsmøte 07.01.2021. Observasjoner viser at konsulentene var kontrahert til prosjekteringsmøte 15.01.2021. Dokumenter viser at rapportene fra konsulentene først var ferdigstilt 17.02.2021 som illustrert i Figur 4-1. Dette medfører en tidsperiode på 41 dager fra ARK kommuniserte behov, til de kunne modellere inn bygningsdetaljer i fagmodell. PRL mener i retrospekt at det har vært for bakoverlent kontrahering. Det er av oppfatningen til samtlige prosjekterende at en tidliginvolvering ville ha bidratt til å avdekke avhengigheter mellom arbeider. Slik kunne en bedre ha involvert prosjekterende i forberedelsene til bruk av MMI.

<input type="checkbox"/> Navn ^	Beskrivelse	Versjon	Størrelse	Sist oppdatert
<input type="checkbox"/> RIAKU	--	--	--	17. feb. 2021 kl. 12:57
<input type="checkbox"/> RIBr	--	--	--	21. jan. 2021 kl. 09:24
<input type="checkbox"/> RIBfy	--	--	--	17. feb. 2021 kl. 13:48

Figur 4-1: Leveransetidspunkt RIAku, RIBr og RIBfy

Opplæring

Kun to av syv intervjupersoner har tidligere erfaringer fra MMI. Observasjoner av opplæringsmøtene tyder på at dette var fordelaktig. Intervjuperson 2 sier at det var ansett

som positivt at ingen kom inn i prosjektet som «*superguruer*». Prosjektet ble derfor et forsøksprosjekt der prosjekteringsgruppen lærte av hverandre. Intervjuperson 6 sa i opplæringsmøte, og i intervju, at de hadde benyttet MMI i tidligere prosjekter. I opplæringsmøte ble det derfor observert at vedkommende hadde en etablert forståelse for bruken. Dette er også noe som bekreftes i senere intervju.

Prosjekterende mener at opplæringen var god, og at det ikke noe som var uforståelig. Observasjoner tyder på at PRL var interessert i å bruke et forenklet rammeverk. Dette ble begrunnet i at MMI benyttes for første gang. PRL var også av den oppfatning at enkelte vegrer seg for å benytte nye og kompliserte metoder.

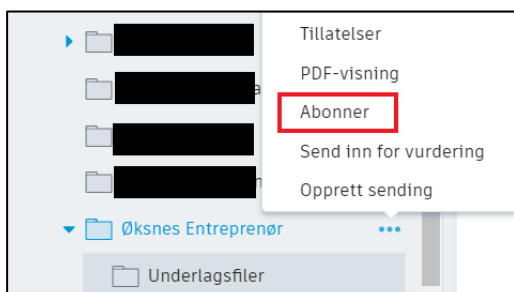
Intervjuperson 6 påpekte at det i opplæringen fremsto utydelig om MMI-nivåer skulle tildeles fagmodeller, eller på enkeltstående BIM-objekter. Årsaken til denne forvirringen skyldes tidligere erfaringer. Fra før var intervjupersonen kjent med markering av modenhet på objektnivå fremfor modellnivå. En annen utfordring ved opplæringen er de varierende opplæringstidspunktene. Gjennom observasjoner kommer det frem at senere kontraherte prosjekterende får ulik opplæring enn tidlig kontraherte. Dette skyldes MMI-erfaringer som PRL har tilegnet seg underveis i prosjekteringen.

Forankring

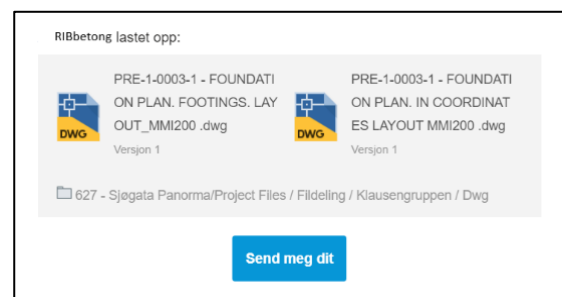
Det fremstår som at møtesyklusen er god for å forankre prosjekteringsprosessen og holde fremdriften oppe. Intervjuperson 1 mener at få møter fører til lite informasjonsflyt, mens for mange møter minker produktiviteten. Dette utsagnet blir forsterket da både intervjuperson 2 og 6 har samme mening.

Det at fagene benytter modenhetsbeskrivelser på fagmodellene er en styrke. Gjennom intervjuer kommer det frem at de RIVv, RIVr og RIVA har gjennomført dette etter opplæring. Erfaringer fra observasjoner viser at det tok mer tid å forankre MMI hos ARK og RIB. Det virker som at den viktigste årsaken til forankring av MMI er bruken av modenhetsnivåer for å kommunisere. Bruken av modenhetsnivåene i møtene varierer, men prosjekthotell viser at de fleste forholder seg til indeksering av modeller. Se Figur 4-5 s. 36.

Bruken av digitalt prosjekthotell gir prosjekterende mulighet til koordinering i sammensatte modeller. For å vite hvilke modeller som er tilstrekkelig moden for koordinering er det viktig med rett informasjon til rett tid. Denne prosessen er forankret gjennom digital informasjonsflyt i prosjekthotellet. Når prosjekterende laster opp filer i sine mapper vil andre prosjekterende bli varslet umiddelbart via epost, såfremt det abonneres på mappen. Dette er illustrert i Figur 4-2 og Figur 4-3.



Figur 4-2: Prosjekthotellets abonentfunksjon



Figur 4-3: Prosjekthotellets epostvarsel

Studiene viser at PRL ikke følger opp prosjekteringen tilstrekkelig. Intervjuperson 1 og 3 mener dette skyldes at deltagere fra entreprenør har overlappende arbeidsoppgaver på flere prosjekter. Prosjekteringsgruppen kan derfor oppleve at PRL ikke tar seg tid til å forstå nye

metoder. Tre av fire prosjekterende sier seg enig i dette. Det er av deres oppfatning at fraværende PRL er en fallgrube for forankringen av MMI. Det nevnes av samtlige prosjekterende at PRL har lite kunnskap om BIM og tid som medgår i BIM-baserte prosesser. Det nevnes bl.a. at modenhetsgrunnlaget til ARK-modell ved prosjekteringsstart ikke tilfredsstilte modenheten som PRL indikerte. Det var ikke tilstrekkelig informert hvordan fagmodeller skulle navngis på prosjekthotell for en strømlinjeformet prosjekteringsprosess. Det er gjennom observasjoner og dokumenter avdekket at kun fire av tretten prosjekterende var kontrahert ved første prosjekteringsmøte. Dette viser at det har vært vanskelig å forankre MMI i prosjekteringen

Planlegging

Generelt virker prosjekterende fornøyde med MMI-rammeverket. Dette innebærer at planlagte nivåer og soner fremstår som gode. Intervjuperson 4 mener at det er en god intensjon å involvere prosjekterende i planleggingen av leveranselister. Prosjekterende er også enige i at fremdriftsplanlegging er noe som må planlegges i fellesskap. Dermed kan en si at den planlagte strategien kan anses som positiv. Prosjekterende mener at det derimot foreligger mangler i MMI-oppsettet. Angående modenhetsnivåer så burde det være bedre muligheter for tilbakemeldinger om prosjekterende behøver nivåene. Intervjuperson 5 mener det er unødvendig å planlegge alle fagmodeller innenfor alle modenhetsnivåene.

Intervjuperson 4 mener at det utfordrende å forstå soneinndelingens betydning for prosessen. Flere prosjekterende påpeker at sonene ikke tar hensyn til enkeltdisipliners varierende modenhetsutvikling. Det påpekes at å planlegge rekkefølgen på prosjekteringssoner etter produksjonsrekkefølge er ugunstig. De fleste intervjuobjektene kommenterer at prosjektering gjøres *«ovenfra og ned»*. Enkelte av intervjuobjektene argumenterer for at rekkefølgen på prosjektet har medført ekstraarbeid da prosjektert arbeid må endres. Et observert eksempel på dette er endringer i bæresystem. I konseptet var ikke bæresystem sett i sammenheng mellom sonene. Derfor ble det store variasjoner mellom bærelinjene i parkeringskjeller og i leilighetsbyggene. Intervjuperson 7 mener at dette har vært en av fallgruvene i prosjektet, og burde forhindres i fremtidige prosjekter. Ifølge intervjuperson 7 og 6 tyder dette på lite forståelse for utfordringer knyttet til prosjektering.

Prosjekteringsgruppen mener at involveringsstrategien får konsekvenser for planleggingen av leveranserekkefølge. De ulike disiplinene behøver informasjon fra ulike fag i løpet av prosjekteringen. Det igangsettes derfor ny kontraheringsprosess hver gang informasjon fra nytt fag blir etterspurt. Observasjoner viser at PRL ikke klarer å planlegge leveranselister eller fremdriftsplaner. I intervju 2 og 3 kommer det frem at entreprenør ikke har brukt tilstrekkelig med ressurser i planleggingen av prosjekteringen. Intervjuperson 2 forteller at *«Det fokuseres for lite på å planlegge prosjekteringsprosessen like nøye og detaljert som utførelsesfasen»*. Det påpekes i fem av syv intervjuer at prosjekterende ikke har vært tilstrekkelig involvert i fremdriftsplanleggingen. Dette har medført at verken PRL eller prosjekterende har fått oversikt og kontroll over prosessen.

4.1.3 Videreutvikling

Involvering

I fremtidige prosjekteringsprosesser foreslår PRL at prosjekteringen må vies samme oppmerksomhet i tidligfase som produksjon. Det er av deres oppfatning at produksjon lettere tildeles ressurser for planlegging. Med tildeling av ressurser i produksjon understrekes det at prosjektledere, anleggsledere og baser involveres i et tidsrom før produksjon igangsettes. Dette for å planlegge rekkefølge og avhengigheter som foreligger

produksjonsarbeidene. Det er en generell oppfatning i prosjekteringsgruppen at det samme burde gjøres i prosjekteringen.

Opplæring

Flere intervjupersoner mener at «en-til-en» opplæring fungerte bra. MMI var ikke anvendt for komplisert, slik at det ikke var anvendbart. Det ble derimot tatt opp dette med detaljering av enkeltobjekter, fremfor leveranser. Intervjuperson 6 mener at det burde spesifiseres i opplæring hvordan indeksering av modenhet skal gjøres. Dette skyltes at personer med tidligere erfaringer kan ha andre forventninger ang. bruk. Det vil være klarerende for prosjekterende å bli opplært i hvordan MMI skal gjennomføres.

Forankring

PRL mener at MMI ville vært mer forankret om det forelå en felles forståelse og enighet om bruk før prosjekteringen startet. Dette er noe majoriteten av prosjekterende er enige i. Det nevnes at prosjekterende kunne bidratt med innspill om hva som kan fungere og hvordan en skulle få dette til. Eierskap og tilhørighet i prosessen påpekes som viktige for suksess.

Det er gjennom observasjoner og intervjuer oppfattet at prosjekterende er tilfredse med møtesyklusen. Møtesyklusen er noe som burde ivaretas, men oppsettet på møtet må endres. Det påpekes at det for tidlig var kombinerte byggemøter og prosjekteringsmøter. Kombinasjonen medførte at enkelte aktører måtte vente i lengre tid før de ble involverte. En annen utfordring knyttet til forankring av MMI er den naturlige bruken i møter. For å få til MMI argumenterer intervjuperson 2 for at det må brukes naturlig av alle aktører i møter og i kommunikasjon ellers. Intervjuperson 6 påpeker at dette er PRLs oppgave, og ser problemet i sammenheng med en fraværende prosjekteringsledelse.

Intervjuperson 5 og 6 mener at BIM-baserte prosesser i fremtidige prosjekter kan forankres med en BIM-manual. Manualen vil virke som et oppslagsverk for hvordan leveranser skal deles, samtidig som den beskriver hvordan MMI-indeksering skal gis. De argumenterer for at dette ville medført bedre flyt i prosjekteringen. Observasjoner viser at prosjekterende ikke har felles oppfatning om hvordan filer skal navngis og lagres. Navn varierer på leveransene ved oppdatert MMI-nivå, noe enkelte prosjekterende mener ødelegger flyten i eget arbeid. Slik informasjon ville vært enkelt å forankre i BIM-manualer.

Planlegging

Prosjekterende påpeker at de ønsker å involveres i planleggingen av MMI. Angående modenhetsnivåer påpekes det at en involvering i MMI-beskrivelsene kan medføre positive effekter. Prosjekterende mener at involvering i planlegging vil kunne føre til sterkere eierskapsfølelse. Dette ved å påvirke hvilke modenhetsnivåer som er aktuelle for de ulike disiplinene.

Angående soneinndelingen foreslår prosjekterende at de i fremtidige prosjekter deltar i detaljeringen av sonene. Tre av fire prosjekterende mener at grensesnitt kunne vært planlagt bedre på denne måten. Det kan bidra til bedre sonerekkefølge som kan medføre enklere leveranseplanlegging. Prosjekterende mener at en mer systembasert inndeling, som skissert i Tabell 4-4, ville vært behjelpelig i kartlegging av rekkefølger på soner. Dette fordi en får mer søkelys på hvilken informasjon som behøves for å modne sonene og systemene.

Observasjoner i prosjekteringsmøter viser at innkalling til særmøter mot systemer blir en tvunget tilnærming for å få progresjon i prosjekteringsarbeidene. For å bedre planleggingen av prosjekteringsleveranser foreslår intervjuperson 2, 4 og 5 at det utarbeides en eksersis før igangsetting av prosjektering. Eksersisen skal gå ut på at de prosjekterende meddeler hvilken informasjon de trenger og når de trenger den. Informasjonsdelingen kan da gjøres

gjennom å utarbeide leveranselister. Avslutningsvis foreslår intervjuperson 2, 4 og 6 at prosjekterende må være delaktig i planleggingen av fremdriftsplaner. Dette på lik linje som utførende blir i produksjonsplanlegging.

4.2 Utførelse

I dette delkapittelet presenteres resultatene som viser utførelsen av MMI på prosjektet. Det er undersøkt hvordan prosjektinndeling, prosjekteringsleveranser modenhetsnivåer, og fremdriftsplaner er brukt og beskrevet på caseprosjektet. I tillegg presenteres funn som beskriver styrker og svakheter, og hvordan en MMI burde utføres i fremtidige prosjekter.

4.2.1 Tilnærming på caseprosjekt

Prosjektinndeling

Studiene viser at det benyttes en geografisk soneinndeling fremfor en teknisk systeminndeling. Soneinndelingen er delt inn som vist i Tabell 4-2, og det er ikke gjort ytterligere beskrivelser av sonene enn dette. Et av hovedargumentene for å dele prosjektet inn i soner er at en oppnår oversiktlige grensesnitt. Ifølge observasjoner benyttes soneinndelingen i prosjekteringsmøter til å kommunisere hvilke grensesnitt som skal analyseres. Det kommer ikke frem at det er MMI-soner, men heller generelle prosjektsoner. Det ble uttalt i opplæringsmøte at PRL ønsket å uttrykke modenhet på sonene ettersom den utviklet seg. Dette skulle gjøres ved å uttrykke sonene med fargekoder. Ifølge observasjoner i senere prosjekteringsmøter kommer det frem at dette ikke er gjennomført.

Tabell 4-2: Soneinndeling

Nr:	1	2	3
Sone:	Grunn og fundament	Parkeringskjeller	Leilighetsbygg

Prosjekteringsleveranser

Prosjekterende ble i opplæringen fortalt at de skulle produsere leveranselister med prosjekteringsarbeider og informasjonsbehov. Et eksempel på en slik liste er vist i Vedlegg 4. Ifølge intervjuer ble leveransene definert i prosjekteringsmøter der informasjonsbehov ble avdekket. I møtene ble det avtalt at prosjekterende måtte innhente informasjonen til ulike datoer eller møter.

For å beskrive leveransene ble prosjekterende bedt om å gi innspill om behov i prosjekteringsmøtene. Slik ble andre prosjekterende informert om hvilken informasjon som måtte fremskaffes. I denne kommunikasjon ble MMI-nivåene sporadisk brukt. Observasjoner viser en økende trend i å uttrykke fagmodell-behov i form av modenhetsnivåer. Det er derimot ikke benyttet MMI-beskrivelser på informasjonsleveranser. Dette illustreres i Figur 4-4 som viser tasksystemet. Tasksystemet benyttes for å dokumentere informasjonsleveranser på prosjektet. Leveranser i tasksystem er ikke dirkete tilknyttet 3D-modellering, men informasjonen som innhentes har påvirkning på BIM-modeller. Modellene blir delt via prosjekthotell. Disse leveransene blir beskrevet med modenhetsnivå av de ulike prosjekterende. Se Figur 4-5. Ved å beskrive modeller med MMI-nivåer fikk prosjekterende forutsetning til å forstå informasjonsinnhold til andres modeller.

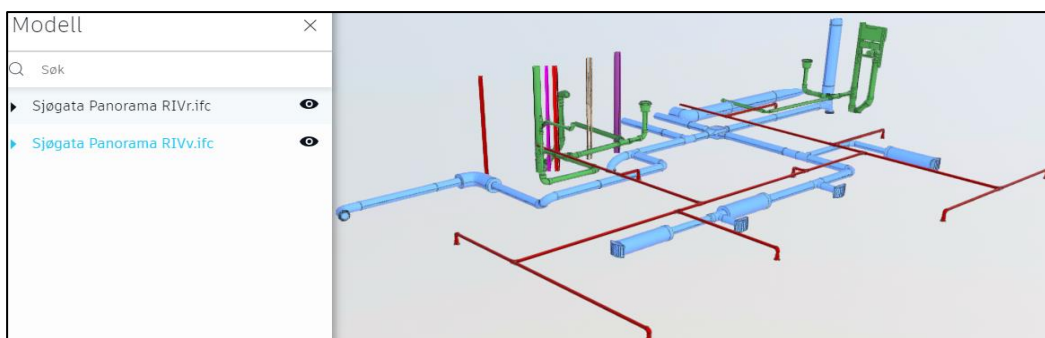
INTERNAL	EXTERNAL	TASKS	TASKS EXT
All Tasks			
<input checked="" type="checkbox"/>	Task Name	Start Date	Due Date
<input type="checkbox"/>	Følg opp lærepunkter for arbeid grunnen: Trinn 2 Sentrum Terrasse	...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Balkonger	...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Fundamentering og plasserte betongarbeider	...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Grube trapp og heis-sjakt	...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Gulv på grunn asfalt i parkeringskjeller	...	
<input type="checkbox"/>	Påstøp hullekke i etasjeskiller	...	
<input checked="" type="checkbox"/>	Bærekonstruksjon	...	

Figur 4-4: Tasksystem

Navn ^	Beskrivelse	Versjon	Størrelse	Sist oppdatert	Oppdatert av
<input type="checkbox"/> 629890_3D_VA_MM350_lokalt_nullpunkt.dwg		V1	3,5 MB	Feb 19, 2021 3:32 PM	
<input type="checkbox"/> Arbeidsfil ARK Uteareal 16.11.2020.ifc		V2	14,9 MB	Nov 17, 2020 5:41 PM	
<input type="checkbox"/> Finnsnes - 3d.ifc		V1	3,8 MB	Apr 9, 2021 2:40 PM	
<input type="checkbox"/> Sjøgata Panorama RIB - MMI300.ifc		V2	13,7 MB	Apr 9, 2021 12:49 PM	
<input type="checkbox"/> Sjøgata Panorama RIBtre - MMI200.ifc		V1	1,9 MB	Mar 15, 2021 8:29 AM	
<input type="checkbox"/> Sjøparken_Panorama_ARK_MMI400.ifc		V2	57,3 MB	Mar 25, 2021 3:56 PM	
<input type="checkbox"/> Sjøgata Panorama RIVr.ifc	MMI200	V13	24,2 MB	Mar 2, 2021 11:35 AM	
<input type="checkbox"/> Sjøgata Panorama RIVv.ifc	MMI300	V7	15,5 MB	Mar 2, 2021 11:35 AM	
<input type="checkbox"/> V1 - Elektro parkeringskjeller - 18.01.2021_0E.ifc	MMI200	V2	12,3 MB	Jan 21, 2021 1:38 PM	
<input type="checkbox"/> V2 - Elektro - 24.02.2021.ifc		V1	907,8 KB	Feb 24, 2021 1:12 PM	

Figur 4-5: Modelleveranser

Observasjoner av opplæringsmøter viser at PRL ønsket å benytte leveranselistene i planlegging av rekkefølge. Senere observasjoner av prosjekteringsmøter og særmøter viser at leveranselister ikke benyttes. Intervjuer og observasjoner viser at rekkefølgen på leveranser planlegges i prosjekteringsmøter og særmøter. I møtene involveres prosjekterende for å definere rekkefølgen på leveransene. Et eksempel på dette er fra særmøte med tekniske fag. Her var det kollisjon mellom RIVv og RIVr og det måtte avgjøres rekkefølge for føringer modell. PRL hadde ingen formening om dette og stilte seg likegyldig til rekkefølgen. Erfaringskunnskapen til RIVv og RIVr førte til at RIVr modelerte sine føringer først på grunn av fallkrav på vannrør. Dette hindret senere kollisjoner og usikkerheter mellom fagene. Denne koordineringen er illustrert i Figur 4-6 og viser røde sprinklerrør fra RIVr som legger seg over de blå ventilasjonskanalene til RIVv.



Figur 4-6: Koordinering RIVr - RIVv

Modenhetsnivåer

Ifølge studiene ble MMI200, MMI300, MMI350 og MMI400 benyttet på caseprosjektet. Etter konseptutviklingen ble arkitektfiler definerte som MMI200-nivå. PRL mente derfor at det ikke var behov for MMI100. Årsaken for at MMI500 ikke ble benyttet er at entreprenør ikke er involvert etter produksjon. Observasjoner fra opplæringsmøter viser at prosjekterende skulle benytte alle prosjektbestemte nivåer. Erfaringen fra møteobservasjoner viser at denne avgjørelsen ble diskutert. I intervjuer med prosjekterende argumenteres det for at ikke alle nivåer er nødvendig. Spesielt MMI400-Produksjonsunderlag fremstår som unødvendig for RIVr da de er kontrahert av UE. Intervjuperson 6 forklarer at deres leveranser kun trenger MMI350 til totalentreprenør. Det er opp til underentreprenør å etterspørre produksjonsunderlaget. Beskrivelsen av MMI-nivåene er gjort ved å forholde seg til standardbeskrivelsene utviklet av Fløisbonn et al. (2018). Dette er gjort da PRL anser beskrivelsene som dekkende. I tillegg er det gjort en vurdering om at en ikke skal prøve for mye nytt i pilotprosjektet.

Fremdriftsplan

Det var planlagt fra PRLs side å etablere en fremdriftsplan. Den skulle være utformet som et Gantt-diagram, der modenhetsnivåene var milepæler for fagmodeller. Observasjoner viser at dette ikke ble gjennomført på prosjektet. Det viser seg i prosjekterings- og særmøter at PRL benytter en «Hva trenger vi nå» - strategi, noe som bekreftes av intervjuperson 2 og 7. Det kommer frem av intervjuperson 2, 3 og 7 at det ble benyttet en intern fremdriftsplan for å skissere modenhetsutviklingen til RIB. Denne fremdriftsplanen var tiltenkt internt bruk, men RIB etterspurte en plan som illustrerte når deres arbeid måtte være modent til produksjon. Se Vedlegg 4.

4.2.2 Styrker og svakheter

Soneinndeling

Inndelingen i prosjektsoner ble oppfattet av prosjekteringsgruppen som et virkemiddel for å strukturere prosjekteringen. Observasjoner fra prosjekteringsmøtene viser at soneinndelingen ble benyttet for å dele inn prosjekteringsmøter. Dette beskrives som en styrke av intervjuperson 3 som fasiliterer møtene. Det er observert en økende tendens i innkalling av særmøter tilknyttet sonene. I innkallelsen til særmøter er det lettere å avdekke hvilke aktører som en er avhengige av i møtene ved hjelp av soner.

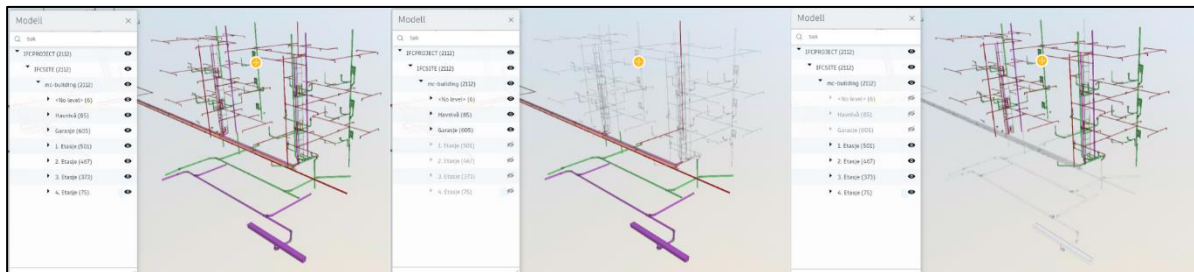
Samtlige intervjupersonene mener at soneinndelingen er for generell. En konsekvens er at en ikke får analysert alle grensesnitt tilstrekkelig. Det poengteres at grensesnitt mellom soner blir belyst, men grensesnitt innad i sonene sjeldnere blir satt i søkelys. Sonene fremstår som for store geografisk og modenheten til fagmodellen varierer internt i sonene. Det presiseres i intervjuer at Sone 2 – Parkeringskjeller inneholder flere systemer med ulike grensesnitt og som dermed får ulik modenhet. Eksempler på dette er vist i Tabell 4-3.

Tabell 4-3: Ulike MMI-nivå på systemer i parkeringskjeller

Eksempel systemer	Modenhet	Dato
Betongvegger uten grensesnitt	MMI400	19.01.2021
Ståldragere – Hulldekke – Bærende betongvegg	MMI350	15.04.2021
Teknisk rom	MMI350	24.02.2021
Heissjakter	MMI350	25.03.2021

Det at soner kun er beskrevet med navngivning fremstår som en svakhet. Tre av fire prosjekterende påpeker at formålet med soneinndelingen ikke var tydelig. Dette medførte tvil rundt hva som skulle inkluderes i fagmodellene fra prosjekterende. Enkelte av de

prosjekterende har derfor levert alt av modellerte objekter i en fagmodell. Dette på tross av at objekter kan være gjeldende for ulike soner. Figur 4-7 illustrerer utfordringen med dette. Til høyre ser vi hele leveransen der objekter fra sone 2 og sone 3 er inkludert. I midten og til venstre vises objektene separert mellom sone 2 og sone 3. Ifølge enkelte intervjuer kunne modellene vært delt opp. De mener at det ville tydeliggjort formålene med sonene.



Figur 4-7: Fagmodell RIV

Prosjekteringsleveranser

Det påpekes av intervjuperson 4 at øksersisen med å sette opp prosjekteringslister har positive effekter utover kun fremdriftsplanleggingen. I arbeidet med å produsere listen fikk prosjekterende mulighet til å sette seg inn i omfanget til egne arbeider. Slik ble det et mer eierskapeleg forhold og tilhørighet til egne oppgaver. Listene som utarbeides inneholder også informasjon om avhengighet. Intervjuperson 4 mener at slike lister tvinger prosjekterende til å innhente nødvendig informasjon. Dette fordi en skriftlig har formulert hvilken informasjon som behøves. Intervjuperson 4 mener det er vanskeligere å møte i prosjekteringsmøter og ikke ha innhentet informasjon som en selv vet mangler.

Intervjuperson 4 påpeker at en svakhet med prosjekteringsleveransene er at prosjekteringslistene ikke benyttes. Observasjoner viser at de ikke blir tatt opp i prosjekteringsmøter selv om ARK og RIVA henviser til informasjon som står i listene. Det uttales at det er opp til PRL å følge opp og forankre prosjekteringslistene i prosjektet. En stor utfordring knyttet til bruk av prosjekteringslister er at det kun var fire av tretten prosjekterende som var kontrahert når kravet om lister ble stilt. Etter dette viser observasjoner at PRL ikke følger opp produksjonen av listene.

Figur 4-5 illustrerer at de fleste prosjekterende beskriver MMI-nivåer på fagmodellene. Observasjoner av opplæringsmøtene viser at det ble gitt beskjed om at fagmodeller skulle markeres med modenhetsnivå definert av modelleieren. Denne indikasjonen av modenhet hjelper prosjekterende og PRL i å forstå utviklingen og «status quo» på prosjekteringen. Det formidles av intervjuperson 2 og 6 at ikke alle prosjekterende beskriver modenhetsnivåer på fagmodeller. Dette medfører en usikkerhet i prosjekteringen om hvorvidt leveransene kan benyttes. Det er ifølge intervjuperson 1 og 2 ikke innarbeidet rutiner for internkontroll av fagmodellene. Av observasjoner kommer det frem at kontrollen som gjennomføres er forbeholdt koordineringer i særmøter. Intervjuperson 6 sier det er vanskelig å benytte fagmodeller som verken ansvarlig-prosjekterende eller PRL beskriver modenheten til.

Det at en ikke får benyttet leveranselister medfører en overgang til «møte-til-møte»-planlegging av leveranser. Intervjuperson 7 sier at man låser seg til de aktivitetene som gjøres i nåtid. Dette får konsekvenser for fremtidige prosjekteringsoppgavene. Observasjoner tyder på at planleggingsstrategien er hovedgrunnen til en oppdelt kontrahering av prosjekterende. En annen observasjon er at en ikke klarer å planlegge nødvendige leveranser som ikke påvirker BIM. Disse leveransene er vanskelige å beskrive med modenhetsnivåer. Et eksempel er tidligere nevnte involvering av RIBfy, RIBr og RIAku.

Modenhetsnivåer

Bruken av MMI300, 350 og 400 fremstår som en styrke, og studiene tyder på at prosjekterende har forstått nivåenes innhold. Flere av intervjupersonene påpeker at det var oversiktlige indekser. Det fremstår som enkle nivåer for å beskrive utviklingen til modell. I særmøter er prosjekterende forstående til at modeller med MMI200 ikke gir tilstrekkelig informasjon for koordinering. Det etterspørres derfor når de vil oppnå MMI300.

Intervjuperson 6 og 7 mener MMI200 er et for sent involveringsnivå. RIB uttaler i særmøte og i intervju at det er ugunstig å fastsette arkitektoniske prinsipper for tidlig. Det henvises til forsinkelser i prosessen som skyldes endringer av bæresystem og fasade etter RIBs involvering i prosjektet. RIVr påpeker at tekniske fag kunne hatt gevinst av involvering med MMI100. Det er av RIVrs oppfatning at MMI100 er viktig for å skape verdifulle konsepter. På dette prosjektet fremsto MMI200 som et «Kick off»-nivå. Dermed måtte fagmodeller raskt utvikles til MMI300, selv om det muligens ikke var fremskaffet nok informasjon.

Intervjuperson 2 og 3 påpeker at beskrivelsene av MMI300 og MMI350 kunne vært mer presise. PRL kunne tydeligere definert hvilke typer leveranser som ville være aktuelle for de ulike nivåene. Intervjuperson 6 er enig i dette, og opplever at enkelte aktører er ubeviste over egne bidrag i de ulike nivåene. «*Enkelte oppfatter MMI300 som ferdig prosjektert, selv om det er en hel iterativ prosess igjen*» forteller intervjuperson 6. Videre mener intervjuperson 6 at vedkommende selv forholder seg til oppfatningen av nivåer som er tilegnet fra tidligere prosjekter. Det kommer frem at intervjuperson 6 og 7 syns MMI ikke tydeliggjør den iterative prosjekteringsprosessen mellom MMI300 og MMI350.

Fremdriftsplan

Det er ikke innhentet noen resultater som viser styrker med strategi eller gjennomføring av fremdriftsplanlegging. Årsakene til dette er, ifølge intervju 2 og 3, at PRL ikke har tatt seg tid til å arrangere planleggingsmøter eller skissere eksterne fremdriftsplaner.

Intervjuperson 2 og 3 mener at det ikke har vært tilstrekkelig fremdriftsplanlegging. En konsekvens av dette er at det oppstår feil senere i prosjekteringen. En av feilene har medført unødvendige iterasjoner, og et eksempel er prosjektering av heissjakter: Det ble indikert i et prosjekteringsmøte at det var ønsket å produsere heissjakt med massivtre. I statisk prosjektering hadde RIB forutsatt heissjakt i betong. Endringen medførte ny prosjektering av statikk, samt oppdatering av ARK-modell og RIB-modell. Etter at dette arbeidet var gjennomført kommenterte RIAku at massivtre medfører uakseptable lyddetaljer. Heissjaktssystemet ble dermed omprosjektert til betong.

PRLs fremvisning av intern fremdriftsplan til RIB og ARK inneholder svakheter. Som Vedlegg 4 illustrerer var det internt planlagt at RIB skulle være ferdig med mengdelister til treelementer i mars. Dette var indikert med å fastsette dato for endt MMI400-prosess. Ifølge observasjoner var denne datoen fastsatt intern hos PRL i dialog mellom prosjektleder og produksjonsleder. Det viste seg å være et urealistisk estimat da ARK og RIB indikerte at det fremdeles forelå arbeider før dette var klart. Planleggingen har medført forsinkelser i den totale prosjekterings tiden og forsinket treelementproduksjon.

4.2.3 Videreutvikling

Prosjektinndeling

For å styrke bruken av soneinndelingen mener intervjupersonene at inndelingen må detaljeres. Det er oversiktlig med en overordnet soneinndeling, men den burde detaljeres med undersoner. Undersonene foreslås å kartlegges som tekniske systemer. Hensikten er å avdekke ulike grensesnittene som hører sammen i de ulike sonene. Observasjoner viser at

prosjekteringsgruppen blir tvunget til å tenke tekniske systemer for å løse prosjekteringen. Tabell 4-4 illustrerer et eksempel på inndeling av *Sone 2: Parkeringskjeller* i mindre systemer. Eksempelet baserer seg på intervjupersoners uttalelser, samt hvordan observasjoner viser at parkeringskjelleren er behandlet.

Tabell 4-4: Eksempel på systemer i parkeringskjeller

SONE 2: Parkeringskjeller	
System:	Fag med grensesnitt:
Überørte betongvegger	RIBbetong
Bæresystem	RIBbetong, RIBstål, RIBhulldekke, ARK
Teknisk sjakt	ARK, RIBbetong, RIVr, RIE, RIVv, RIBstål, RIBhulldekke
Teknisk rom	RIVr, RIE, RIVA, RIBbetong
Heissjakt	RIBbetong, ARK, RIBstål

Intervjuperson 3, 6 og 7 mener at en systeminndeling vil forenkle modenhetsbeskrivelser av sonene. De påpeker at inndelingen, som skissert i Tabell 4-4, vil kunne bedre kommunikasjonsflyten. Dette fordi det blir mindre fagmodeller med monoton modenhet som stemmer for hele leveransen. Denne argumentasjonen styrkes av observasjoner. Observasjonene viser at en detaljert modenhetsbeskrivelse av soneinnhold ville hjulpet kartleggingen av samlede, sekvensielle, gjensidige og intensive prosesser. Dette fordi en klarer å avdekke når ulike arbeider vil foreligge.

Intervjuperson 6 påpeker at modeller burde deles opp etter prosjektinndelingen i fremtidige prosjekter. Slik vil en kunne koordinere grensesnitt tydeligere mot hverandre enn hva som er gjort på prosjektet. Som Figur 4-7 viser så strekker modellene seg over flere soner. I særmøte ang. koordinering mellom tekniske fremsto dette som en ulempe. Enkelte BIM-objekter vises i koordineringer der de ikke er tiltenkt.

Prosjekteringsleveranser

Intervjuperson 4 påpeker at utarbeidelsen av prosjekteringslister burde forankres bedre i fremtidige prosjekter. I beskrivelsene av leveransene burde PRL tydeliggjøre hva som forventes i de ulike leveransene. Det kommer frem at enkelte leveranser ikke har egenskaper for å bli indeksert med MMI, f.eks. leveranser fra RIBfy, RIBAKU og RIBr. Her burde det kommuniseres at dette er informasjonsleveranser som skal bidra til modenhetsutvikling av andre disipliner. Det burde også tydeliggjøres hvordan fagmodeller skal indekseres. Dette bygger på samme argumentasjon som for beskrivelse av modenhetsutvikling av soner. Intervjuperson 3 og 6 foreslår at det på fremtidige prosjekter benyttes en BIM-koordinator som har ansvar for strukturen på fagmodellene.

Intervjupersonene mener at prosjekteringsleveranser skulle vært mer planlagt, og at leveranselister skulle vært utarbeidet på et tidlig stadium i prosjekteringen. Leveranselistene skulle vært utnyttet til å forutse avhengigheter og når prosjekterende må ferdigstille egne arbeider. Det foreslås at prosjekterende involveres i en startfase og benytter leveranselistene aktivt til å produsere en leveranserekkefølge.

Modenhetsnivåer

Det påpekes i tre intervjuer at prosjektkonseptet var for lite definert ved prosjektstart. RIB og RIVr mener arkitektmodellen er umoden i forhold til MMI200, selv om PRL definerer ARK-modell slik. I tillegg ønsker begge fag at de skulle hatt bedre mulighet til å påvirke konseptet. I fremtidige prosjekter foreslås det at arkitektoniske, statiske og tekniske konsepter må defineres bedre inn mot MMI200. Denne påstanden støttes av intervjuperson

2. Et tiltak som kan bedre dette er om PRL tydeligere skiller modenhetsutvikling av konseptet og modenhetsutvikling av detaljprosjektering.

Det påpekes at noen nivåer oppfattes ulikt blant prosjekterende og PRL. Et eksempel på dette er det som nevnt i kapittel 4.2.2, at MMI300 oppfattes som ferdig prosjektert. For at PRL og prosjekterende skal nyttiggjøre seg mer av modenhetsnivåene, foreslår intervjuperson 2 å jobbe mer med beskrivelser av nivåene i forkant av prosjekteringen.

Det ble nevnt i kapittel 4.2.2 at en svakhet med modenhetsnivåene var at ingen beskrev den iterative koordineringsprosessen mellom disiplinene. Intervjuperson 6 foreslo derfor at det burde være modenhetsnivåer mellom 300 og 350. Modenhetsnivåene skal indikere at modeller er under en koordineringsprosess. Ved å uttrykke dette vil PRL få bedre forståelse for at prosjekteringsarbeider gjennomføres selv om modeller ikke oppdateres.

Fremdriftsplan

Intervjupersonene savner en detaljert fremdriftsplan. De mener at dette må utarbeides på fremtidige prosjekter. Det påpekes at detaljerte fremdriftsplaner må være målrettet mot hver aktør. Oppfatningen av MMI hos prosjekteringsgruppen er at det skal brukes for å planlegge og kontrollere prosjekteringsprosessen. Derfor vil MMI i større grad kunne bli forankret ved etablering av fremdriftsplaner. For å få dette til må PRL være innstilt på å bruke mer ressurser mot prosjekterende i en oppstartsfasen av prosjekteringen.

4.3 Oppfølging

I dette delkapittelet er resultatene som beskriver oppfølging av MMI presentert. Det er undersøkt hvordan PRL benytter MMI til å måle fremdrift og korrigerer planer. I tillegg presenteres det funn som viser styrker og svakheter, og hvordan oppfølging burde gjennomføres på senere prosjekter.

4.3.1 Tilnærming på caseprosjekt

Måling

Observasjoner viser at fagmodeller opp til MMI300 erklæres ferdige. Dette betyr at modenhetsnivåene blir kontrollert mot modenhetsbeskrivelsene definert av Fløisbonn et al. (2018). Ut fra dette erklæres det av prosjekterende om MMI-nivå er oppnådd.

Intervjuperson 4 og 6 mener at oppfølgingen har vært primært innomhus hos PRL. Dette bekreftes av intervjuperson 2 som sier at prosjekterende har fått få tilbakemeldinger, utenom at det er registrert fagmodell med modenhetsnivåer. I erklæringen om MMI350 er det observert innkallelser til særmøter der fagmodeller tilknyttet systemer kontrolleres. I særmøtene koordineres modellene og det gjennomføres kollisjonskontroller. Dette gir målinger på hvor mange kollisjoner som er, og hvor disse befinner seg. I felleskap diskuteres det om kollisjonene må korrigeres, eller om det er kollisjoner som ikke påvirker grensesnittet. Hvis det ikke foreligger kollisjoner så er det enighet om at leveransene har oppnådd MMI350-nivå. Angående MMI400 blir det erklært av hver enkelt prosjekterende når modell inneholder detaljer for produksjonsunderlag.

Prosjektinndelingen er fulgt opp ved å etablere en møttestruktur der en suksessivt går gjennom sonene. Observasjoner viser at det var en uoversiktlig møttestruktur i tidlige prosjekteringsmøter. Prosjekterende fortalte fritt om hva som foregikk i deres arbeider uavhengig av arbeidets sonetilørighet. Etter at sonestrukturen ble etablert i møtene, er det observert at PRL følger opp med å innkalle til flere særmøter. Observasjoner viser at soner verken erklæres eller måles ferdig. Det er de ulike systemene som måles og erklæres. Som nevnt tidligere er sonene for store til å vise en unison modenhet.

Informasjonsleveransene dokumenteres i tasksystemet som illustreres i Figur 4-4. I tasklisten defineres en eier av leveransen, og det fastsettes en dato for ferdigstilling. Det kommer frem i observasjoner at det er PRL som gjennomfører denne dokumenteringen. Dokumenteringen gjøres fortløpende i prosjekteringsmøtene, og den siste aktiviteten i møtene er gjennomgang av tasklisten. Når prosjekterende mener informasjon er innhentet, erklæres leveransen som gjennomført i tasksystemet.

Det er ikke gjennomført noen målinger eller erklæringer mot fremdriftsplaner. Dette fordi det ikke er utarbeidet fremdriftsplaner. Ifølge intervjuperson 7 så estimerer prosjekterende selv tidspunkt når leveranser kan leveres. Observasjoner viser at PRL etterspør leveransene når estimert tid er utgått.

Korrigerings

Observasjoner viser at det ikke gjøres korrigerings av modenhetsbeskrivelser på fagmodeller. Et eksempel på dette er ARK-fil på caseprosjektet. I prosjekteringsmøtet etter ARK beskrev MMI400 på fagmodell, ble det påpekt at filen ikke var modnere enn MMI350. Tross tilbakemeldingen ble ikke ARK bedt om å endre modenhet på leveransen.

Ifølge intervjuperson 6 er det ingen sanksjoner som foreligger om avtalte leveransetidspunkt ikke blir opprettholdt. Observasjoner viser at PRL kun ber prosjekterende om å levere fagmodell så snart det lar seg gjøre.

I kapittel 4.2.1 er det vist at det ikke er utviklet noen ekstern fremdriftsplan for prosjekteringen. Det har derfor ikke vært mulig å innhente data om korrigerings av fremdriftsplaner. Det kommer frem i observasjon mellom entreprenør, RIB og ARK at den interne planen benyttes for å diskutere fremdriften. Et resultat av dette var at entreprenør fikk klarert at deres datoønske for MMI400 ikke var mulig. Denne informasjonen ble innhentet på et tidspunkt for tett opp mot produksjonsstart. Dermed fikk en ikke mulighet til å ferdigstille prosjektering, og produksjonstidspunkt ble endret.

4.3.2 Styrker og svakheter

Måling

Generelt mener PRL at det har vært gunstig å kontrollere modenhet. En fordel er at det er enklere å kommunisere hvorfor en ikke må være «for ivrige» med å utvikle BIM-modeller. I særmøte mellom tekniske fag ble prosjekteringsgruppen oppmerksom på dette. Som nevnt i kapittel 4.2.1 benyttes den faglige erfaringen mellom RIVr og RIVv til å klarere avhengighet mellom fagmodeller. Dette førte til at RIVr modellerte seg ferdig før RIVv. Slik unngikk man kollisjoner og gjentagende arbeid senere i prosjektet.

I kontroll og målinger av MMI200, 300 og 400 er beskrivelsene av modenhet fulgt opp i for liten grad. Intervjuperson 6 mener dette medfører at poenget rundt MMI faller bort. Feilerklærte nivåer blir ikke rettet opp, og prosjekteringsgruppen får ikke oversikt over prosessens «status quo». Observasjoner av særmøter viser at prosjekterende foretrekker å erklære MMI350 ved å gjennomføre kollisjonskontroller. Det oppleves at kollisjonskontroller mellom disipliner er en effektiv måte å konstatere at modeller har oppnådd MMI350-nivå. Intervjuperson 5 påpeker at tilbakemeldinger på kollisjonskontroller må beskrives tydelig.

Sonestrukturen på prosjekteringsmøtene gir en forutsigbar og ukentlig oppfølging av sonene. Soneinndelingen fremstår som rasjonelle og overkommelige å følge opp. Intervjuperson 2, 4 og 5 mener en for oppdelt soneinndeling kan gi ulemper. De er av oppfatning av at en annen soneinndeling kunne medført vanskeligheter med å holde oversikt. Observasjoner viser at prosjekterende foretrekker status på soner i

prosjekteringsmøter, og detaljert informasjon i særmøter. En av fallgruvene i oppfølgingen av sonene er ifølge intervjuperson 4 og 6 at det er for mange prosjektdeltagere med i prosjekteringsmøtene. Det er valgt å benytte kombinerte bygg- og prosjekteringsmøter på et for tidlig stadium av prosessen. Ifølge intervjuperson 3, 6 og 7 medfører dette uoversiktlige møter og unødvendig mye tidsbruk.

Intervjuperson 1 mener at styrken med tasksystemet er at en får fulgt opp informasjonsleveranser ved ukentlig mellomrom. Utsagnet er overens med observasjoner fra prosjekteringsmøtene. Andre observasjoner viser at enkelte prosjekteringsleveranser ikke blir dokumentert i tasksystemet. Dette medfører at prosjekterende selv bli ansvarlig for å huske oppgaver, og å utføre dem til neste møte. Dette fremstår som uheldig da en ikke garanterer å få fulgt opp dette i kommende prosjekteringsmøter.

Å ikke utarbeide fremdriftsplaner fremstår som en svakhet. Samtlige prosjekterende sier at de savner milepæler å forholde seg til. Det er ugunstig at det ikke er planlagt tidspunkter som prosjekterende må involveres på. Prosjekterende ønsker også estimer på hvor lenge de må forplikte seg til prosjekteringen. Intervjuperson 2 mener at en fremdriftsplan ville forenklet oppfølging av BIM- og informasjonsleveranser enn med nåværende praksis. Dette fordi en får mer sammenheng i leveranseplanleggingen enn praksis som foreligger.

Korrigerer

Intervjuperson 6 mener at det må være mer fleksibilitet i korrigerer av modenhetsnivåer. Det er ikke bra for prosjekteringssamarbeidet at fagmodeller feilbeskrives. En konsekvens av feilbeskrivelser er at det på sikt vil medføre feilmodellering som må re-prosjekteres.

Et annet problem er at prosjekterende ikke overholder sine forpliktelser og leverer for sent uten konsekvenser. Intervjuperson 7 mener at dette er et problem som oppstår på grunn av planlegging i møter. Det påpekes at det er svært vanskelig å estimere riktige tidspunkter for leveranser i møter. Med slik planlegging burde det derfor være slingringsmonn.

Intervjuperson 7 mener at prosjektets fremdriftsplanlegging ikke tilrettelegger for korrigerer da det ikke er planer å korrigerer. En konsekvens av dette er at en ikke oppdager forsinkelser før arbeid skulle vært ferdig.

4.3.3 Videreutvikling

Måling

Prosjekterende mener at oppfølging av BIM-modeller må gjøres tettere på fremtidige prosjekter. Intervjuperson 6 mener PRL må være mer deltagende i oppfølging av modenhetsbeskrivelsene på fagmodellene. Det er viktig at ledelsen tar eierskap til prosessen og sikrer gode rammer for prosjekterende. Fra tidligere prosjekter har intervjuperson 6 gode erfaringer med at BIM-koordinatorer har ansvar for dette. Derfor foreslås det å benytte BIM-koordinatorer på fremtidige prosjekter. Intervjuperson 5 påpeker at det må fastsettes planer for når koordinering mellom disipliner skal gjøres. I planene må det etableres rutiner for tilbakemeldinger etter utførte kontroller.

For å løse utfordringene med oppfølging av soner ønsker flere av intervjupersonene å øke antall særmøter. Særmøtene burde handle om systemer innad i sonene. Det foreslås at prosjekteringsmøter skal benyttes til å definere status av soner. Hvis det er noe som må ses nærmere på burde det kalles inn til særmøte. Et annet hjelpemiddel for å følge opp sonene er å få mer detaljert modenhetsutvikling av innholdet. Intervjuperson 6 mener sonene lettere kan følges opp med modenhet på tekniske systemer fremfor store geografiske soner.

På fremtidige prosjekter burde det markeres modenhet på soneinnhold. Intervjuperson 7 foreslås at dette kan gjøres med å fargekode de ulike systemene etter oppnådd modenhet.

For å følge opp leveranser foreslår prosjekterende at det utarbeides leveranselister som skisserer leveranse som påvirker andre. De prosjekterende mener det er utfordrende å følge opp prosjektering basert på modenhet som har vært på dette prosjektet. Dette fordi det er ulike modenheter som behøves fra ulike fag for få å nødvendig informasjon. For å oppnå bedre oppfølging av leveranser foreslås det å etablere modenhetsmilepæler for mindre fagmodeller. Et eksempel er modenhetsutvikling av fagmodell i teknisk rom. Her kan en etablere teknisk rom som MMI300 klar til koordinering mot andre systemer i Sone 2.

Det er av intervjupersonenes oppfatning at det i fremtidige prosjekter må utarbeides fremdriftsplaner. Årsaken til at dette er viktig er at ledelsen får bedre mulighet til å måle og korrigere aktivitetene til prosjekterende. Det sies i intervjuer at oppfølgingen burde være basert på planlagte arbeider, og ikke spontane arbeider som kan være unødvendige.

Korrigerings

Intervjuperson 6 mener at det i fremtidige prosjekter burde utarbeides rutiner for kontroll av erklærte modenhetsnivåer. Slik kan en unngå at feilinformasjon blir spredt til resten av prosjekteringsgruppen. Dette krever en tydeligere involvering av PRL. Som for måling av MMI, har intervjuperson 6 gode erfaringer med BIM-koordinatorer og deres rolle i oppfølging av beskrivelser. Som beskrevet for målinger av fremdrift må det også utarbeides fremdriftsplaner for å kunne gjøre korrigerende tiltak. Intervjuperson 2 og 7 mener det burde innarbeides rutiner for korrigerings av planer. Slakk kan innarbeides på slutten av den fremdriftsplanen og fordeles inn i de aktivitetene som behøver lengre tid, ifølge intervjuperson 2. Intervjuperson 7 mener korrigerings burde være en del av den ukentlige møtestrukturen. I disse møtene burde en vurdere om fremdriften kan opprettholdes, og hvis ikke, hva kan gjøres for å jobbe inn tapt tid.

5 Diskusjon

Diskusjonskapittelet inneholder drøftingen av studiets resultater og teorigrunnlag. Kapittelet er strukturert etter Demming sirkel for å tydeliggjøre de ulike stadiene i prosjekteringen. Måling og korreksjon er sammenslått i et felles kapittel kalt oppfølging. Ved å knytte diskusjon opp mot planlegging, utførelse, og oppfølging vil det være enklere å vurdere diskusjon mot resultatkapittelet.

5.1 Planlegging

I dette delkapittelet er resultat tilknyttet planlegging av MMI diskutert mot relevant teori. Det er diskutert hvordan involvering, opplæring, forankring og planlegging er gjennomført på prosjektet. Diskusjon rundt temaenes styrker og svakheter, og forslag til videreutvikling er også gjennomført i dette kapittelet.

5.1.1 Tilnærming på caseprosjekt

Involvering

På caseprosjektet er kun ARK, RIB og RIVA kontrahert til første prosjekteringsmøte. ARK og RIB har de mest sentrale rollene da de setter prinsippene for byggets utseende og dimensjoner. Dette er to aktører som må være til stede fra start av prosjekteringen. I teorien anbefaler Styrvold et al. (2019) at prosjekterende involveres gjennom et felles oppstartsmøte. I oppstartsmøtet skal strategi for prosjekteringen, samt retningslinjene for bruk av MMI defineres. Dette viser at Styrvold et al. (2019) anbefaler tidligkontrahering av alle prosjekterende aktører. Det er store ulikheter mellom anvendt involvering og teoriens anbefalinger. Annen teori kan benyttes for å argumentere i favør anbefalingene til Styrvold et al. (2019). Svalestuen et al. (2015) sier at tidliginvolvering vil være fordelaktig på grunn av fordelene involvering og tilhørighet gir prosessen. Styrvold et al. (2019) strategi er tilpasset dette da de ulike prosjekterende lærer hverandre å kjenne, og de får en samlet forståelse for gjennomgang av prosessen. Dette samsvarer med Gray og Hughes (2001) meninger om kommunikasjonsproblemer i prosjekteringsgrupper. Det kan være utfordringer mellom langtidsaktører og korttidsaktører, noe som tyder på at tidliginvolvering kan styrke samarbeidet i prosjektering.

Opplæring

Opplæringen ble gjennomført en-til-en etter at prosjekterende var kontraherte. Under opplæringen ble prosjekterende fortalt hvordan MMI skulle benyttes og hvordan fagmodeller skulle deles. Tauriainen et al. (2016) anbefaler at det må defineres regler i BIM-baserte prosesser. Disse reglene må være etablert fra start av, og prosjekterende må være innforstått med disse. Bruken på caseprosjekt er overensstemmende med anbefalingene til Tauriainen et al. (2016). Fra et annet perspektiv er det viktig å forstå prosjekterendes forhåndskunnskaper før opplæringen starter. Styrvold et al. (2019) mener det er viktig å kartlegge de ulike aktørenes BIM-ferdigheter. Forskjellig BIM-kompetanse kan medføre ulik forståelse av MMIs anvendbarhet. PRL kan ikke forvente at alle har lik BIM-kompetanse. Hvor mye de ulike aktørene benytter BIM varierer, og dette er derfor noe som må hensyntas.

Forankring

Styrvold et al. (2019) anbefaler at forankring av MMI gjøres i oppstartsmøter hvor alle prosjekterende deltar. For å suksessfullt forankre MMI må prosjekterende forholde seg til rammeverket. Dette kan gjøres gjennom å skape forpliktelse-, tilhørighet og samhold. Ved å i felleskap informere at MMI skal benyttes, vil prosjekterende kunne føle samhold og tilhørighet til prosessen. En tilrettelegger for at prosjekterende kan sette seg inn i systemet før opplæringen gjennomføres, noe som kan føre til forpliktelse. På caseprosjektet er primærtiltak for forankring opplæringen, og her er det definert hvordan MMI skal brukes. Det er lite med dette som medfører tilhørighet til prosessen. På den andre siden kan en etablere en felles forståelse for prosessens gjennomføring. Felles forståelse vil komme når prosjekterende får vite at alle har gjennomgått samme opplæring. Dette vil være en mulighet til å etablere samhold og forpliktelse i prosjekteringen.

En strategi for å etablere samhold er å vise at aktører forholder seg til MMI. Zoe et al. (2013) mener at samhandling medfører samhold, og Figur 3-10 illustrerer hvordan BIM-baserte prosesser skaper samhandling. Implementering av digitalt prosjekthotell som samler informasjon på ett sted, som umiddelbart varsel om oppdateringer, vil kunne forankre bruken av MMI blant prosjekterende.

Planlegging

PRL vil unngå unødvendige diskusjoner ved å ikke involvere prosjekterende i planlegging av modenhetsnivåer og soner. En kan tenke seg til at involvering i planlegging kunne vært fordelaktig. Ved å betrakte at det er prosjekterende som utfører arbeidet, så er det viktig å ta høyde for deres kompetanse. Flere av de prosjekterende har muligens erfaringer fra lignende prosjekter. Denne erfaringen kan nyttiggjøres om hvordan strukturering av prosjekteringsprosessen har fungert tidligere. Nøklebye et al. (2018) mener det er verdigfult å involvere prosjekterende i planlegging av modenhetsnivåer. I teoridelen ser vi at dette skyldes fordelene som skapes gjennom eierskap, tilhørighet og forpliktelse (Svalestuen et al., 2015).

De samme argumentene kan også benyttes for soneplanlegging. I teorien vises forskjellen mellom geografiske soner, og tekniske systemer (Garcia et al., 2018; Styrvold et al., 2019). I lignende prosjekter som caseprosjektet vil det oppstå utfordringer knyttet til grensesnitt. For å avdekke hvor grensesnitt oppstår, kan det være hensiktsmessig med planleggende dialoger i prosjekteringsgruppen. Slik kan en avgjøre om det er tilstrekkelig med geografiske soner, eller om det kreves mer detaljerte beskrivelser av tekniske systemer.

Prosjekteringsleveranser og fremdriftsplan skal, ifølge resultatet, utarbeides med prosjekterende. Både Fløisbonn et al. (2018) og Styrvold et al. (2019) anbefaler lignende praksis som på caseprosjektet. De mener at prosjekterende selv må få definere prosjekteringsleveranser da de innehar kompetansen. Det ble i resultatet nevnt at prosjekterende involveres i planlegging, men at det er PRL som tar avgjørelsene. Dette kan være en løsning så lenge bestemmelsene angår prosjekteringsens ferdigstilling mot produksjon. PRL burde derimot ikke overstyre prosjekterende og deres uttalelser om avhengighet og rekkefølge. På den andre siden er det viktig at PRL har en overordnet styring av tidsbruk. For å unngå svinn tilknyttet prosjekteringsstid kan en få gevinst av en tydeligere PRL. Det er viktig å presisere at tidsaspekter burde diskuteres innad i prosjekteringsgruppen slik at en får mer reliable og treffsikre fremdriftsplaner.

5.1.2 Styrker og svakheter

Involvering

Emmit & Ruikar (2013) mener at arbeider tidlig i prosjekteringsprosessen er avgjørende for prosjektets suksess. Det er derfor viktig med tidliginvolvering av prosjekterende som påvirker tidligfase prosjektering. Resultatene viser at tre av fire prosjekterende anser sitt involveringstidspunkt som tilstrekkelig. Det kan hevdes at PRL har sett verdien av å tidlig involvere prosjekterende. Samset (2014) forklarer at entreprenører ønsker å oppnå indre effektivitet. Ved å tidlig involvere prosjekterende legger entreprenør til rette for planlegging av indre effektivitet. Dette skyldes at entreprenør og prosjekterende tidligere har dialoger for å klarere hva som skal gjøres, til hvilken kvalitet og til hvilken kostnad.

På den andre siden er det viktig å understreke at prosjekterende mener at involveringen var tilstrekkelig for **egne** arbeider. I intervjuene kommer det frem at seks av syv mener prosjekterende skulle vært tidligere involvert. Årsaken til dette er at involveringstidspunktet ikke hensyntar samhandling mellom fagene. Det er viktig at aktørene forstår de ulike formene for avhengighet for å kunne håndtere dem (Kalsaas & Sacks, 2011). Det virker som PRL har feiltolket avhengigheten mellom de ulike fagene og oppgavenes kompleksitet.

En konsekvens av involveringsstrategien er at prosjekterende ikke får mulighet til å påvirke andre fag. DeMarco og Timothy (1999) beskriver at PRL ofte konsentrerer seg om tekniske problemer fremfor sosiale. Resultater tyder på at PRL har fokusert for mye på involvering mot tekniske utfordringer. Dette er noe PRL har erfart i etterkant, og de sier selv at det har vært for bakoverlent kontrahering. PRL mener at mangelen på sosialt samspill har medført ineffektiv prosjektering av tekniske løsninger.

Opplæring

Det ansees som en styrke at det er undersøkt om prosjekterende har tidligere erfaring fra MMI. Styrvold et al. (2019) anbefaler slike eksersiser før prosjekteringen igangsettes. Resultatene viser at prosjekterende mener opplæring fungerte bra. Det at PRL benytter en forenklet versjon av MMI forhindrer at aktører vegrer seg for bruk. Det blir påpekt at opplæringen kunne vært mer detaljert. Ifølge resultatene har personer med kjennskap til MMI praktisert etter de erfaringene de har fra tidligere. Dette skyldes at opplæringen har vært utydelig. Som Tauriainen et al. (2016) påpeker er det viktig med tydelige instruksjoner om hvordan prosessen skal gjøres. Problemene med tidligere erfaringer er et eksempel på at prosessen kunne vært mer beskrevet. Det kan argumenteres for at tidligere erfaringer må legges til grunn for å tydeliggjøre hva som skal gjøres, og hva som ikke skal gjøres.

Resultatene viser at kontraheringsstrategien er ugunstig, og at den medfører ulik opplæring av MMI. Dette er i strid med anbefalingene til Tauriainen et al. (2016) om hvordan BIM-burde opplæres og forankres. Årsaken for variert opplæring skyldes PRLs økende erfaringer. En ulempe med dette er at utgangspunktet til prosjekterende blir så ulik at en ikke får forankret MMI i prosessen. Menneskelige feil kan føre til feilinformasjon, og misforståelser kan oppstå hos alle aktører. Det er derfor ugunstig at prosjekterende har ulike forutsetninger for å forstå prosessen.

Forankring

Angående forankring er det noe paradoksalt over innhentede resultater. Som styrke påpekes det at valgt møtesyklusen bidrar til å forankre prosessen. Årsaken til dette kan være at prosjekterende sporadisk påminnes hvordan prosjekteringsprosessen skal gjennomføres. Dette betyr at PRL følger opp bruk av MMI i prosjekteringsmøtene. På den andre siden blir det fremstilt som en svakhet at PRL ikke følger opp bruken av MMI. En konsekvens er at MMI er svakt forankret i prosessen. En kan argumentere for at hyppig

møteaktivitet tilrettelegger for forankring. Samtidig kan en derimot ikke argumentere for at møtehyppigheten har ført til forankring på caseprosjektet. Dette fordi flere resultater tyder på at MMI ikke er forankret i møtene. Det påpekes at fraværende PRL er en fallgrube for forankring. Sebastian (2007) mener PRL er ansvarlig for prosjekterings suksess. Det er deres ansvar å tilrettelegge for prosjekterende, og sørge for at alle følger prosessene. PRL kan ikke forvente at MMI forankres eksternt hos prosjekterende, hvis det ikke er forankret intern hos dem selv.

Tross manglende forankring i møtene viser resultatet at de fleste prosjekterende bruker MMI-nivåene i beskrivelse av fagmodeller. Det ble tidligere argumentert for at bruken av prosjekthotell og automatiske leveransevarsler var en styrke som forankrer MMI i prosjekteringen. Forankringen skjer ved at de prosjekterende forplikter seg til å levere fagmodeller, abonnere på mappestrukturer og oppdaterer modenhetsnivåer. Å forplikte seg til en prosess er en nøkkelfaktor for suksess (Svalestuen et al., 2015). Ved å forplikte seg ønsker en å bidra med egne ressurser, slik at prosessen går som planlagt. En forholder seg til etablerte retningslinjer, og en tilrettelegger for samhold mellom de ulike aktørene. Svalestuen et al. (2015) påpeker at samhold er et nøkkelelement for suksessfull prosjektering. Det er derimot indikasjoner i resultatet som tyder på at MMI ikke har vært tilstrekkelig forankret i prosjekteringen. Tauriainen et al. (2016) mener at en fallgrube i BIM-basert prosjektering er mangelfull BIM-kompetanse hos ledelsen. Som resultatet viser, oppfatter prosjekterende at PRL har for lite kunnskap om BIM-baserte prosesser. Det at prosjekterende mener at PRL har feilbeskrevet ARK-filen gir et dårlig utgangspunkt.

En utfordring er at fire av tretten prosjekterende var kontrahert til oppstart. Dette kan medføre usikkerhet om de ulike prosjekterende forholder seg til fagmodeller og MMI, noe som illustreres i Figur 4-5. Her vises det at ikke alle prosjekterende beskriver MMI på fagmodeller, og dette tyder på for svak forankring. Årsakene til manglende forankring kan være den ufordelaktig involvering- og opplæringsstrategien.

Planlegging

Prosjekterende er fornøyd med prosjektets modenhetsnivåer og soneinndelinger. Det fremstår som en fordel at det ikke er benyttet et for detaljert MMI-rammeverk. I teorien er LOD beskrevet som et for detaljert rammeverk, noe som medfører bruksvegning (Hooper, 2015; Nøklebye et al., 2018). Resultatet tolkes slik at PRL ikke har ønsket å benytte unødvendige deler av rammeverket. Slik tilnærming vil være i henholdt til etablert teori (Nøklebye et al., 2018; Styrvold et al., 2019).

Det må betraktes at resultatene viser enkelte mangler ved planleggingen av modenhetsnivåer. Et utsagn viser at enkelte modenhetsnivåer er unødvendige for noen disipliner. Det kan tenkes at en planleggingsstrategi der modenhetsnivåer tilpasses disiplinene kan være fordelaktig. I teorien kommer det frem at det anbefales prosjekttilpassede nivåer, og det er ikke beskrevet noe om disiplinertilpassinger (Fløisbonn et al., 2018; Statsbygg, 2020). Garcia et al. (2018) er enig med utsagnet i resultatet, men beskriver ikke disiplinertilpassinger ytterligere. Det er slik at teori anbefaler kun å benytte det nødvendige fra rammeverket (Nøklebye et al., 2018; Styrvold et al., 2019). Det burde derfor vurderes hva som egner seg av disiplin- eller prosjekttilpassede modenhetsnivåer.

Det påpekes at det foreligger mangler med soneplanleggingen også. Resultatet viser at det er utfordrende å se nytten, og at rekkefølgen fremstår merkelig for prosjekteringsarbeider. Hensikten med soneinndelinger er å definere fokusområder som skal være behjelpende i planleggingen av leveranser (Fløisbonn et al., 2018; Styrvold et al., 2019). Å velge store geografiske soner kan motvirke hensikten da det oppstår modenhetsvariasjon i

enkeltdisipliners fagmodeller. Dette medfører at sonene virker ulogisk, og at en får misvisende modenhetsbeskrivelser. På den andre siden mener enkelte prosjekterende at soneinndelingen ikke må være for oppstykket. Dette vil medføre at en får for små fokusområder, og en mister oversikten over de ulike arbeidene.

Utarbeidelsen av prosjekteringsleveranser lar seg ikke gjøre ved valgt involveringsstrategi. Dette fordi det er krevende å planlegge uten å involvere prosjekterende. Ved å gjennomføre kontrahering etter behov oppstår, vil det være utfordrende å planlegge leveranser for fraværende prosjekterende. I teorien anbefaler Styrvold et al. (2019) at tidliginvolvering av prosjekterende må gjennomføres. En burde derfor vurdere leveranse- og fremdriftsplanlegging mot ønsket involveringsstrategi.

Resultatet viser at det er brukt for lite ressurser i planleggingen, og at prosjektering burde hensyntas som produksjon. Teorien viser at petroleumsnæringen har oppnådd vellykkede prosjekteringsprosesser ved å kombinere modenhetsstyring og lean (Svalestuen et al., 2018). I planleggingsdelen av PDCA vil et av de viktigste lean-prinsippene være tidlig involvering av utførende. En konsekvens av å ikke involvere prosjekterende, er at de som planlegger har manglende fagkompetanse. Dermed får en ikke gjennomført fremdriftsplanlegging, og i dette prosjektet har det medført møte-til-møte-planlegging.

5.1.3 Videreutvikling

Involvering

For å få gode involveringsprosesser er det viktig å lære av hva som har fungert, og hva som må forbedres. For å bygge på styrken, med å gi prosjekteringen rikelig med tid, må en se nærmere på hvordan tiden anvendes. Ved å involvere til prosjektering, slik som det involveres mot produksjonen, vil aktører være kontrahert før prosjekteringen starter. Svalestuen et al. (2018) mener at strategier som benyttes ved offshore-konstruksjoner kan forlenge prosjekteringen. Ved å bruke LPS i prosjekteringen vil en kunne tilrettelegge for en prosess som ivaretar styrkene, og motvirker svakhetene ved caseprosjektets prosess. Kalsaas (2017) mener at essensen med LPS er å involvere før planlegging av prosjektering.

Ved å bruke LPS tilrettelegges det for involvering før prosjekteringsplanlegging. Et aspekt er at prosjekterende kan involveres i planlegging av hvordan MMI skal benyttes. Det er viktig at prosjekterende er bekvemme med prosessen. Å involvere dem i prosessutformingen kan medføre eierskapsfølelse og samhold. En ulempe kan være at prosjekterende har ulike preferanser om hvordan prosessen skal gjennomføres. Dermed kan det gå unødvendig tid til prosessrelaterte spørsmål. Det kan være fordelaktig å informere prosjekterende, og lytte til deres tilbakemelding om bruk av MMI. Slik kan en i felleskap definere MMI-målene for prosjektet. En slik prosess kan gjennomføres ved et informasjonsmøte om prosessen. Det er viktig at informasjonen som utarbeides i oppstartsmøter blir benyttet. For eksempel kan det være fordelaktig at PRL gjennomfører en internvurdering der innspill og etablerte mål vurderes i etterkant av informasjonsmøtet.

Opplæring

Etter at involvering er gjennomført er det viktig at prosjekterende får tilstrekkelig opplæring. Som resultatene viser, fungerer opplæring «en-til-en» bra. Derimot viser resultatene at en ikke burde fortsette med opplæring som det er gjort på prosjektet. Det at prosjekterende har ulik inngang i samarbeidet medfører lite samhold, og en kan skape avstander mellom tidlig og sent kontraherte aktører. Dette kan unngås ved å følge LPS-prinsippene som ble diskutert under involvering. Strategien gir PRL mulighet til å lære opp alle aktører før prosjektering igangsettes. En vil da kunne gjennomføre fellesopplæringer.

Dette kan være et tiltak som vil være tidsbesparende i forhold til dagens praksis. Allikevel er det viktig å gi prosjekterende mulighet til en-til-en-opplæring. Dette burde ansees som en support-funksjon til fellesopplæringen. Styrvold et al. (2019) anbefaler at prosjekterende kontraheres og opplæres inn mot prosjekteringsstart. En ulempe med tilnærmingen kan være at prosjekterende med arbeider sent i prosessen «glemmer» opplæringen. De vil da ha behov for ny opplæring hvor feil kan oppstå. Det som motsier dette, er at med tidliginvolvering kan en forankre opplæringen i prosjekteringsgruppen. Ved å forankre opplæringen vil en kunne skape samhold og forpliktelse til hvordan prosjekterende skal bruke MMI. Dette vil da motvirke mulige menneskelige feil i ny opplæring.

Et viktig resultat er hvordan prosjekterende med erfaringer fra MMI bruker rammeverket. Det at tidligere anvendelser benyttes fremfor planlagt bruk er ugunstig. Det fører til lite samhold i gruppen, og viser at MMI ikke er tilstrekkelig forankret. Et av funnene påpeker at det er gunstig med prosjekterende som ikke kjenner MMI. En fordel med dette er at en slipper misforståelser om bruk, og alle forholder seg til den **ene** bruken som de kjenner. Dette ansees som en lite bærekraftig strategi. Hensikten med MMI er å skape et standardisert språk og rammeverk for BIM-baserte prosjekter. Dette innebærer, på sikt, at de fleste prosjekterende får kjennskap til en variant av MMI. Det er derfor viktig at opplæringen tar hensyn til tidligere bruk. Styrvold et al. (2019) anbefaler at en avdekker om prosjekterende har tidligere erfaringer. Ved å gjøre dette kan en sammenligne praksis på nåværende prosjekt mot praksis på andre prosjekter. Dette burde gjøres for å tydeliggjøre forskjeller ved bruk, og for å tilegne seg ny kunnskap.

Resultatene viser at opplæring er bra. Det er ikke gjort funn som viser at prosjekterende kommuniserer dette til PRL etter opplæring. Etter opplæring kan det være hensiktsmessig at prosjekterende får mulighet til å gi tilbakemeldinger. Dette kan være en oppsummerende rutine som forsikrer at alle har forstått hva som skal gjøres. En kan anse det som en sikkerhetsventil som skaper eierskap og tilhørighet i prosessen. I tilfeller der tilbakemeldinger viser at oppsettet ikke er forståelig kan det være hensiktsmessig at PRL gjennomføre en internvurdering om bruk. På den ene siden kan dette anses som unødvendige byråkratiske prosesser som medfører sløs av ressurser. På den andre siden defineres sløs som arbeider som ikke skaper verdi (Ballard, 2000a). En internvurdering vil sikre brukbarheten til systemet, og forhindre unødvendig sløs knyttet til feilapplikasjoner senere i prosessen. Dette vil dermed være et verdiskapende trinn i opplæringen av MMI.

Forankring

I hvilken grad MMI er forankret på prosjektet er usikkert. Resultater tyder på at prosjekterende forplikter seg til bruk i beskrivelse av fagmodeller, og mindre i muntlig kommunikasjon. Dette tyder på at PRL har oppnådd delvis forankring av rammeverket. Et tiltak for å styrke forankringen er bedre MMI-oppfølging fra PRL. Flere prosjekterende påpeker at møtesyklusen er god, men at det tidlige fokuset på produksjon er ugunstig. Fokuset på produksjon kommer av at UEer var involvert i prosjekteringsmøtene fra start av. Dette kan ha medført ustrukturerte møter varierende mellom utførelse og prosjektering. Ved å betrakte Eikelands (1998) beskrivelse av usikkerhet og kostnader, kan slik fokus medføre ulemper. En begynner produksjon før produksjonsunderlaget er tilstrekkelig modent. Dette fører til produksjonsstart med høyere usikkerhet, og tidligere start av den mest kostnadsgenererende prosessen. Det burde vurderes å skille prosjekterings- og byggemøter til et stykke ut i prosjekteringen. Et annet perspektiv er at utførende kan bidra til prosjektering av løsninger med høyere indre effektivitet. Dette er et av hovedargumentene for at byggherrer ønsker totalentrepriser. PRL burde være selektive i

hvilke UER som involveres. Det må tydeliggjøres overfor UE at dette er prosjekteringsarbeid, og ikke utførelsesarbeid.

Av resultatene kommer det frem at MMI må forankres tydeligere i prosjekteringsmøtene. Det påpekes at dette bedres dersom PRL involverer seg mer. Dette kan være tiltak som skaper samhold og tilhørighet i prosjekteringsgruppen. Det er PRLs ansvar å sikre prosjekterings suksess (Sebastian, 2007). Fraværende PRL vil derfor medføre tap på prosjektet. Spesielt hvis en betrakter at arbeid tidlig i prosjekteringsfasen er viktig for et suksessfullt prosjekt, og at mangel på kompetanse vil medføre fiasko (Emmit & Ruikar, 2013; Meland, 2000). For å unngå dette må PRL vise ledelseskompetanse og forankre MMI tidlig i prosjekter. Ved å involvere prosjekterende, og i felleskap fastsette prosessen, kan man tydeligere få forankret MMI i prosjekteringsarbeider.

Resultatene viser at primært tiltaket for forankring av MMI er opplæring. I opplæringsmøtene forplikter PRL seg til prosjekterende og vice versa. Det er ikke innhentet resultater som sier at prosjekterende forplikter seg til hverandre. For å skape sterkere samhold og tilhørighet kan det være viktig at dette gjennomføres. Gray & Hughes (2001) nevner gruppedynamikkens påvirkning på prosjekteringen, og konsekvensene som kommer av gruppedannelser. Ved å involvere prosjekterende etter prinsippene i LPS, samt å forankre bruk av MMI i felleskap, kan en forhindre gruppedannelser. En kan tenke seg til at en forpliktelse til felleskapet vil motvirke det Nøklebye et al. (2018) kaller kulturell treghet. Dette fordi prosjekterende ikke bare benytter MMI for egen del, men på grunn av den kollektive gevinsten. En mulig fallgrube er at prosjekterende ikke ser viktigheten av å forplikte seg, og at det derfor neglisjeres. Dette kan unngås ved å forankre forpliktelsen i utformingen av prosessen, noe som kan gjøres ved å arrangere igangsettingsmøter. Etter dette burde gruppen i felleskap bli enige om tilnærmingen, og forplikte seg til rammeverket. Styrvold et al. (2019) nevner at det ved spesielt ressurskrevende og tidkrevende arbeider burde utarbeides kontrakter.

Resultatene viser at majoriteten av prosjekterende beskriver fagmodellene med MMI-nivåer. Det er derimot usikkerheter rundt hvordan beskrivelsen skal gjøres. En utfordring tilknyttet forankring av MMI er at en del av de prosjekterende stiller seg kritisk til PRLs BIM-kompetanse. For å løse dette anbefales det at en BIM-manual blir utarbeidet til fremtidige prosjekter. En BIM-manual vil virke som et oppslagsverk for hvordan BIM-baserte prosesser med MMI skal gjennomføres. Dette vil styrke forankringen da prosjekteringsgruppen har et oppslagsverk. Oppslagsverket kan benyttes når det oppstår usikkerheter rundt beskrivelser av fagmodeller, hvordan informasjon skal deles, o.l. Dette vil tydeliggjøre prosessen som anbefalt av Tauriainen et al. (2016). En får tydeliggjort den BIM-baserte prosessen, og en får bedre lagt til rette for bruk av MMI. Det at Statsbygg har implementert MMI-oppsett i deres BIM-manualer viser at dette er en nasjonal prosess som allerede er i gang (Statsbygg, 2020). Ved å etablere en BIM-manual vil en kunne gi forutsigbarhet til prosessen. Den kan fremstå som en sertifisering av PRLs kompetanse da manualen representerer prosessen PRL har definert. For at BIM-manualen skal fungere må manualen beskrive tiltenkt prosjekteringsprosess. Dette betyr at en må variere BIM-manualens innhold etter prosjektets behov. Å involvere prosjekterende i BIM-manualens innhold, og forankre bruken av manualen vil være viktig. Det burde inngå i involveringen at prosjekterende blir kjent med BIM-manualen.

Planlegging

Prosjekterende ønsker å være mer involverte i planleggingen på fremtidige prosjekter. Dette samsvarer med det som er anbefalt i teori om hvordan prosjekterende burde bidra i

implementering av MMI (Styrvold et al., 2019). Prosjekterende burde derfor være involvert i planleggingen av MMI i større grad enn hva som er praktisert på caseprosjektet.

I resultatet kommer det frem at soners grensesnitt og rekkefølge kan planlegges bedre. Det er ikke funnet teori som beskriver involvering av prosjekterende i prosjektinndelingen. Intervjupersoners erfaringer må derfor vektas mer. I kapittel 5.1.2 ble svakhetene med planleggingen av sonene diskutert. Det ble drøftet om hensikten med inndelingen kom tilstrekkelig frem. Funn tyder på at det er manglende fokus på grensesnitt i planleggingen. Det er viktig å huske at caseprosjektet er et pilotprosjekt, og at PRL ikke har erfaring fra MMI. På en side kan dette bety at PRL i fremtiden har bedre forutsetninger til å velge grensesnittsbaserte soner. På en annen side tyder dette på at prosjekterende burde engasjeres for å definere soner. Det kan være fornuftig å vurdere valg mellom geografiske soner, tekniske systemer, eller en kombinasjon. Prosjekterende kan bidra med hvordan de foretrekker strukturering av prosjekter.

Resultatene viser at prosjekterende burde involveres i valg av hvilke modenhetsnivåer som skal benyttes. Valget må baseres på de modenhetsnivåene PRL har valgt som prosjektspesifikke. Prosjekterende burde ha mulighet til å velge hvilke nivåer de anser som nødvendige. Slik vil alle disiplinene inneha disiplinspesifikke nivåer som de prosjekterende mener de får bruk for. En slik tilnærming vil være i henholdt til teori om å kun benytte hva som er nødvendig (Styrvold et al., 2019), og at ikke alle fagmodeller trenger beskrivelser innenfor alle MMI-nivåer (Garcia et al., 2018). På den andre siden er det viktig at det foreligger byråkrati i prosessen. Hvis det er slik at PRL ønsker MMI100, må prosjekterende strekke seg. Eksempelvis kan PRL ønske å vurdere prosjekteringsalternativer mot hverandre. Da kan det være fordelaktig at modenheten ikke er for høy da det vil skape unødvendige mengder arbeid.

Teori og caseprosjektets beskrivelser for leveranse- og fremdriftsplanlegging samstemmer. Det var derimot en forskjell i forutsetningene mellom praktisering og teori. Ved å unnlate tidliginvolvering av aktører, gjorde PRL det umulig å utarbeide leveranselister og fremdriftsplaner. I fremtidige prosjekter anbefales det å iverksette eksersiser for leveranseplanlegging før prosjekteringen igangsettes. Dette skal motvirke at leveranselister ikke blir utarbeidet, og at en ikke får grunnlag for å utarbeide fremdriftsplaner. Dette virker som et godt tiltak, og anbefalingene samsvarer med anbefalingene til Styrvold et al. (2019).

For å få til involvering av prosjekterende i en planleggingsprosess kan en arrangere planleggingsmøter. I slike møter har en mulighet til å skape forutsetninger inn i prosjekteringsprosessen. For å få til dette er det viktig å utarbeide fremdriftsplaner som prosjekteringsgruppen kan stå inne for. Dette krever bedre prosesser der en maksimerer utbyttet av prosjekteringsens tid. I teorien anbefales det å kombinere modenhetsutvikling med lean (Svalestuen et al., 2018). For å få til lean-prosjekteringsplanlegging kan en benytte LPS. Det viktige med LPS er å omgjøre hva som burde gjøres til hva som skal gjøres (Ballard, 2000b). For å få dette til må rett kompetanse benyttes for å vurdere hva en kan få til, basert på hva en burde få til. I praksis vil dette bety at PRL involverer alle prosjekterende i et oppstartsmøte, og forteller hva prosjekteringen **burde** inneholde. Deretter, i et planleggingsmøte, defineres hva som **kan** prosjekteres basert på prosjektets MMI-rammeverk. Til slutt utarbeides det en prosjekteringsplan ut fra hvordan modenhetsutviklingen til fagmodellene **skal** være.

5.2 Utførelse

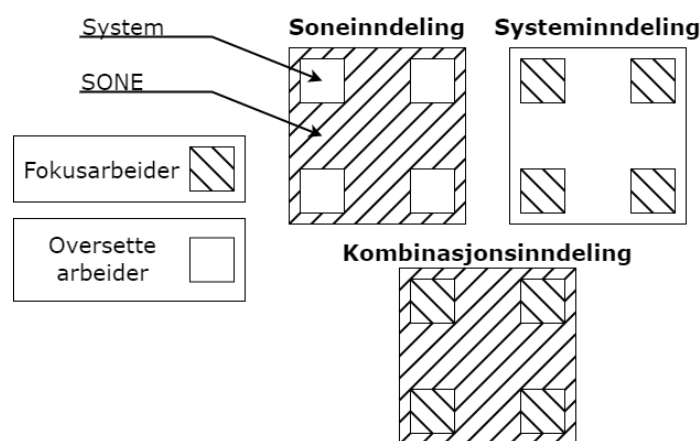
I dette delkapittelet er innhentet resultat om bruk av MMI diskutert mot relevant teori. Kapittelet diskuterer hvordan prosjektinndeling, prosjekteringsleveranser, modenhetsnivåer og fremdriftsplaner er brukt på prosjektet. Diskusjon rundt brukens styrker og svakheter, og forslag til videreutvikling foreligger også i dette kapittelet.

5.2.1 Tilnærming på caseprosjekt

Prosjektinndeling

På caseprosjektet er det benyttet geografisk soneinndeling med produksjonslignende soner. Resultatet viser at soneinndelingen benyttes i prosjekteringsmøtene til å henvise til hvilket område som skal analyseres. Teorien presenterer to metoder å dele inn prosjekter. Den ene er geografisk avgrensede soner (Fløisbonn et al., 2018), og den andre er avgrensning ved tekniske systemer (Garcia et al., 2018). Hensikten med soneinndelingen er å skape en segmentert oversikt over prosjektet for å forenkle planleggingen av leveransene fra prosjekterende.

Geografiske soner gir en intuitiv oversikt over prosjekteringsområdene. En utfordring kan være at grensesnittene mellom sonene blir uinteressante. Dette fordi grensesnittene baserer seg på geografiske endringer og ikke på grensesnittets innhold. En annen utfordring er at en risikerer flere systemer innad i sonene med komplekse grensesnitt. Dette kan unngås ved å velge systeminndeling på prosjekter. Det er ikke slik at en unnslipper utfordringer ved bruk av systeminndelinger. Der geografiske soner gir oversikt, kan systeminndeling oppleves som mer kaotisk. I et prosjekt vil det være flere systemer fordelt ut over prosjektets geografi. Det kan være utfordrende å kartlegge disse, samt organisere dem. Geografiske soneinndelinger gir derfor en tydeligere beskrivelse av arbeidenes plassering. Fordelen med tekniske systeminndelinger er at de beskriver innholdet mer detaljert. Resultatene viser at prosjekterende ikke får mer informasjon enn hva sonenavnet beskriver. Eksempelvis så beskriver ikke caseprosjektets Sone 2 – Parkeringskjeller at det skal prosjekteres teknisk rom, heissjakter, etc. Dette er tekniske systemer som befinner seg i sonen, og som kunne vært beskrevet med systeminndeling. Et viktig ankepunkt er at systembeskrivelsene ikke definerer systemenes geografiske plassering. En metode som kan løse problemene er å kombinere inndelingene. Det er ikke funnet teori som beskriver slik inndeling av prosjekter. Figur 5-1 viser at kombinasjonsinndelinger kan avdekke både arbeider i soner, og definere systemer som områder med oppfølgingsbehov. Slik kan en utnytte fordelene ved soneinndeling og systeminndeling til å fjerne ulempene som oppstår ved enkeltbruk av inndelingene.



Figur 5-1: Illustrasjon kombinasjonsinndeling

Prosjekteringsleveranser

Det viser seg at prosjekteringsleveransene ikke blir utarbeidet slik som planlagt. Leveranselistene blir ikke benyttet og det kommer frem at leveranseplanleggingen gjøres i møtene. Denne praktiseringen bryter med anbefalinger fra teorien. Fløisbonn et al. (2018) definerer utarbeidelsen av prosjekteringsleveranser som en sentral del av MMI-prosessen. Ifølge MMI-rammeverket skal det utarbeides leveranselister til hver enkelt prosjekteringszone. Sammenligner en resultatet med teorien ser man at caseprosjektet ikke har benyttet MMI-rammeverket for utarbeidelse av leveranser. Det er valgt en mer ad hoc utarbeidelse i prosjekteringsmøtene, fremfor en planleggende strategi.

Resultatene viser at de fleste prosjekterende beskriver fagmodeller med modenhetsnivåer. Fagmodellene deles via prosjekthotell der prosjekterende har mulighet til samstilling av modeller. Beskrivelsen av fagmodellene er i henhold til rammeverket etablert av Fløisbonn et al. (2018). I rammeverket er det ikke gitt noen bestemmelser om hvordan modenhet skal beskrives på leveransene. På caseprosjektet ser man at prosjekterende har valgt å inkludere alle objekter i en BIM-fil som illustrert i Figur 4-7. Deretter er filens laveste modenhet beskrevet i fil-navnet. Om dette er i henhold til hvordan EBA mener MMI skal beskrives kan diskuteres. Det er derimot ikke gitt andre defineringer på leveransebeskrivelser. Det at prosjektet benytter teknologi for deling og sammenstillinger av modeller burde gi gevinster som beskrevet i teorien. Svalestuen et al. (2017) mener at bruk av samme modeller er essensielt for å utnytte BIMs fulle potensiale. Det vil kunne reduserer unødvendige iterasjoner, og det bedrer muligheten for kontroll og systematisering (Abou-Ibrahim & Hamzeh, 2016; Tauriainen et al., 2016).

Resultatet viser at enkelte prosjekteringsarbeider ikke er direkte tilknyttet utvikling av BIM-modeller. Det er viktig at slike leveranser blir kartlagt og knyttet opp mot BIM-utvikling. Det er gitt et eksempel på hvordan informasjonsleveranser fra RIBfy, RIBr og RIAku indirekte påvirker modell med instruksjoner om hvordan ARK skal modellere fagmodellen. På prosjektet er leveransene dokumentert i tasksystemet, og er et resultat av prosjekterendes behov. Fløisbonn et al. (2018) gir ingen føringer på hvordan leveransene skal kobles opp mot MMI-utvikling. Det kan være at dette er noe som burde beskrives i en MMI-manual selv om MMI ikke benyttes for å beskrive slike leveranser. Uansett kan det være fordelaktig å synliggjøre avhengigheten mellom modenhetsutvikling og informasjonsleveranser i større grad enn hva som er gjort på caseprosjektet.

Modenhetsnivåer

Resultatet viser at det benyttes et utvalg av nivåene til Fløisbonn et al.(2018). Dette betyr at PRL ikke har etablert prosjektspesifikke nivåer. Fra teorien ser vi at standardiserte nivåer anbefales fremfor å skape egne (Garcia et al., 2018). Ved å unngå egendefinerte nivåer støtter man et av formålene til MMI. Formålet er å etablere et standardisert språk for måling og kontroll av BIM-basert prosjektering (Fløisbonn et al., 2018). Resultatet viser at to prosjekterende har kjennskap til MMI fra tidligere prosjekter. Dette innebar at de også kjente til de standardiserte modenhetsnivåene, noe som ikke ville vært mulig med egendefinerte nivåer. Det er viktig å påpeke at nivåene til Fløisbonn et al. (2018) ikke nødvendigvis beskriver alle fasene i prosjekteringsprosessen. Det kan være at PRL ønsker å supplere rammeverket med ekstra modenhetsnivåer. Før en etablerer nye nivåer kan det være fordelaktig å undersøke Statsbyggs BIM-manual. Teorien viser at Statsbygg har supplert MMI-rammeverket til Fløisbonn et al. (2018) med detaljerte mellomnivåer. Ved å benytte Statsbyggs mellomnivåer fremfor egendefinerte, vil en fremdeles jobbe mot et offentlig standardisert språk.

Som diskutert i kapittel 5.1.3 ønsker prosjekterende å delta i valget av disiplinspesifikke modenhetsnivåer. På caseprosjektet er de involvert gradvis som prosjekteringen utviklet seg. Resultatene viser at enkelte disipliner ikke vil levere MMI400 fordi de prosjekterer for underleverandører. Det ble argumentert for at det arbeidet prosjekteringsgruppen har verdi av, er prosjektering til og med MMI350. Fra teorien vet vi at det anbefales å kun benytte det nødvendige fra MMI (Styrvold et al., 2019). I tillegg så behøver ikke alle prosjekterende å beskrive fagmodeller med alle modenhetsnivåer (Garcia et al., 2018). En kan dermed si at PRLs valg er i henhold til teori. En burde derimot vurdere om slike diskusjoner kan foreligge på et tidligere tidspunkt. En konsekvens av at det diskuteres i prosjekteringen, er at fokuset fjernes fra prosjekteringsarbeidet. Det medgår derfor unødvendig tid som kunne skapt verdifull prosjektering. Diskusjonen burde ikke kategoriseres som svinn eller sløs. Dette fordi det gir verdi gjennom redusert prosjekteringsmengde for enkelte aktører.

Fremdriftsplan

Som en konsekvens av manglende kontrahering er det ikke utarbeidet eksterne fremdriftsplaner på prosjektet. Dette skyldes at kontraheringsstrategien medfører oppstykket leveranseplanlegging, noe som gjør fremdriftsplanlegging utfordrende. Resultatene viser at PRL har utarbeidet en intern fremdriftsplan. Som illustrert i Vedlegg 4 er det benyttet Gantt-diagram for å skissere fremdriften. Fra teorien viser MMI-rammeverket at det skal benyttes lappeplaner for å vise fremdrift (Fløisbonn et al., 2018). Det at en velger å strukturere fremdrift i Gantt-diagrammer fremfor lappeplaner behøver ikke å ha store konsekvenser. Allikevel er det noen ulikheter som burde poengteres.

Teorien viser at lappeplaner markerer aktiviteter på dato for oppnådd modenhet, noe som betyr at prosessen mellom aktivitetene ikke beskrives. Dette skiller seg fra Gantt-diagrammer som markerer prosess fra start til slutt. En annen forskjell er at Gantt-diagrammer kobler sammen avhengige prosesser for å illustrere rekkefølge på arbeidet. Vurderes planene mot hverandre kan Gantt-diagrammer fremstå som mer detaljerte, og mer krevende når det kommer til planlegging. Dette fordi en må kartlegge alle avhengigheter og vurdere tidsestimater på alle enkeltaktiviteter. Ved å velge lappeplaner får en primært etablert milepæler for hvert enkelt fag, samt overordnede gruppemilepæler. På den ene siden kan en tenke seg til at en vellykket leveranseplanlegging gir forutsetninger for etablering av Gantt-diagrammer. Gantt-diagrammer kan gi gode muligheter for å illustrere hvordan informasjonsleveranser bidrar til modenhetsutvikling. På den andre siden så kan lappeplaner være mer egnet da den ikke beskriver rigide avhengigheter som Gantt. Austin et al. (2000) påpeker at tradisjonell prosjekteringsplanlegging har en tendens til å adoptere for mye fra produksjonsplanlegging. Med dette menes det at det ikke tar høyde for iterative prosjekteringsprosesser. Slike prosesser kan muligens være utfordrende å illustrere i Gantt-diagrammer, men lettere i lappeplaner.

5.2.2 Styrker og svakheter

Prosjektinndeling

Resultatene viser at overordnede inndelinger av prosjektsoner egner seg for å strukturere prosjekteringsmøter. Det er derimot slik at det oppleves at sonene ikke analyseres tilstrekkelig. I tillegg er sonene geografisk for store for å etablere en monoton modenhet. Sonene er utfordrende å analysere fordi de inneholder mange systemer med ulikt grensesnitt. Systemene modnes til ulike tidspunkt, fordi det er ulike fokusområder til ulike tidspunkter. Tar man i betraktning det som illustreres i Figur 5-1, ser man at konsekvensene med soneinndeling er til stedet. For å ivareta soneinndelingens fordeler, samt tilrettelegge for enklere analyser og soneoppfølging, virker det utfordrende å unngå kombinasjonsinndeling. Resultatet viser at prosjekteringsgruppen øker hyppigheten av

innkalling til særmøter ang. systemer i de ulike sonene. Dette er noe som virker positivt på produktiviteten. Det fremstår dermed mer effektivt å arrangere særmøter med kombinasjonsinndeling enn soneinndeling,

Resultatet viser at prosjekterende ikke deler opp fagmodellene etter soner. Manglende forklaring om sonehensikt virker å være en årsak for dette. Ved å analysere fagmodellene, som på caseprosjektet, kan sannsynligheten for ustrukturerte kollisjonskontroller økes. Dette fordi en får kollisjoner i andre soner og systemer enn det en faktisk ønsker å analysere. I særmøtene på prosjektet er BIM-modell aktivt benyttet for å avdekke ulike konflikter og mangler ved leveranser. Dette er en tilnærming som minner om ICE-metodikk som beskrives i teorien. Svalestuen et al. (2017) mener at den beste måten å håndtere gjensidig avhengende og intensive prosesser er med «face-to-face at BIM device». Et problem med caseprosjektets håndtering er at objekter fra andre soner forstyrrer effekten soneinndeling kunne gitt kollisjonskontroller. Det burde derfor vurderes hvorvidt en skal benytte tydeligere sone- eller systemoppdeling på fagmodeller i fremtidige prosjekter.

Prosjekteringsleveranser

Det viser seg at utarbeidelsen av leveranselister har flere fordeler enn kun struktureringen av arbeidsoppgaver. Det kan potensielt medføre sterkere eierskapsforhold og forpliktelse til egne arbeider. Svalestuen et al. (2015) viser at eierskapsfølelse og forpliktelse er nøkkelelementer for å få en suksessfull prosjekteringsprosess. Det er derfor negativt at leveranselistene ikke blir benyttet. På den ene siden så har enkeltprosjekterende produsert lister, og burde dermed ha tilegnet seg eierskapsforhold og forpliktelser. På den andre siden kan mangelen på bruk av lister medføre at prosjekterende distanserer seg. PRL sender signaler som kan tolkes dit at de ikke verdsetter arbeidet, og at de vil bestemme selv. Dette kan medføre negative konsekvenser for prosjekteringsprosessen.

Det er benyttet MMI-nivåer til å beskrive fagmodeller på prosjektet. Beskrivelsene oppleves som gode, og de gir prosjekterende en forventning om BIM-modeller kan benyttes. I teorien påpekes det at LOD ble brukt for å detaljere enkeltobjekter i fagmodeller. Denne praktiseringen er kritisert som for detaljert og lite anvendbar for prosjekteringsprosessen (Hooper, 2015; Nøklebye et al., 2018). Det er viktig at en ikke begår feilen å praktisere MMI som LOD. En ulempe på prosjektet, som nevnt i prosjektinndelingen, er at modellene ikke har dekkende modenhetsbeskrivelser. En konsekvens av dette er at modellene er for lite beskrevet for at MMI skal være anvendbart. Utfordringer rundt dette vil være å definere hvor store fagmodeller skal være. Dette er en dialog som må være i prosjekteringsgruppen, og noe som kanskje burde gjøres i sammenheng med inndelingsstrategi.

Manglende leveranseplanlegging medfører at en ikke planlegger leveranser for å utvikle fagmodellens modenhet. En konsekvens er at en ikke klarer å definere korrekt rekkefølge for informasjonsinnhentning. Dette fordi en ikke har informasjonskildene kontrahert inn i prosjektet til riktig tidspunkt. Slik leveranseplanlegging medfører at modenhetsutvikling går tregere. En mister verdifull tid ved å vente på informasjon som kunne vært tilgjengelig tidligere. Dette kan medføre at en mister oversikt over utviklingsprosessen til modeller, og en begynner å modellere før nødvendig informasjon er tilgjengelig. Slikt arbeid må i verste fall fjernes og modelleres på nytt.

Modenhetsnivåer

Resultatene viser at MMI300, 350 og 400 er nivåer som er egnet til bruk, og at MMI200 er et for sent nivå for involvering. I teorien er MMI200 definert som et modenhetsnivå som beskriver at modell innehar ferdig konsept (Fløisbonn et al., 2018). Tolket en begrepet ferdig konsept, er det nærliggende å tro at den konseptuelle føringen for faget skal være

fastsatt. Dette betyr eksempelvis at RIVr og RIVvs kanaler og rørføringer skal være plassert ved MMI200. Ved å starte prosjekteringen på et slikt nivå får ikke prosjekterende tid til å vurdere mest egnet konseptløsning. Som Emmitt & Ruikar (2013) beskriver er tidligfase prosjektering avgjørende for prosjektets suksess. Å nedprioritere konseptutviklingen kan medføre dårlige konsepter som kan gi unødvendig omprosjektering senere i prosjektet. På den andre siden er hvert enkelte prosjekt unikt, og kompleksitet vil derfor variere. Dette betyr at på noen prosjekter vil disipliners konsepter definere seg selv. Selv i slike prosjekter er prosjekterende den mest kvalifiserte til å uttale behov for konseptutvikling. Det vil derfor kunne være en ulempe å fjerne stadiet for skissering av konsept og konseptutvikling for prosjekteringsarbeider. Med andre ord så burde det vurderes om en kan velge å ikke benytte MMI100 og MMI200 i tidlig prosjektering.

Resultatet viser at enkelte oppfatter MMI300 som ferdig prosjektert, noe som ikke er tilfelle. En av grunnene til dette er at steget mellom MMI300 og MMI350 fremstår som stort for mange. Det mangler nivåer som beskrives at de ulike fagene jobber med iterative prosesser. Som Bølviken et al. (2010) beskriver er iterative prosjekteringsprosesser gjensidig avhengende eller intensive prosesser. Figur 3-3 beskriver slike prosesser som de mest komplekse og utfordrende i prosjekterings samarbeidet. Det kan derfor argumenteres for at det burde eksistert nivåer som beskriver slike arbeider i MMI-rammeverket. I teorien er det henvist til Statsbyggs BIM-manual der det er beskrevet to nivåer mellom MMI300 og MMI350. Se Vedlegg 3. Selv om det ikke er beskrevet nivåer for iterative prosesser, kan nivåene være behjelpelig i beskrivelsen av dette. En kan anse iterative prosesser som så kompliserte at det er vanskelig å beskrive utviklingen med ett modenhetsnivå. Et alternativ kan være å etablere modenhetsnivåene til Statsbygg som en prosess der en kan gå opp og ned i nivå ettersom prosessen utvikler seg. En slik tilnærming til modenhetsbeskrivelser vil kreve tett overvåking av PRL, og åpen kommunikasjon fra prosjekterende. En burde merke seg *MMI380 – Ferdig prosjektert* i Statsbyggs BIM-manual. Dette nivået burde kanskje benyttes for å unngå usikkerhet rundt når prosjektering er ferdigstilt.

Fremdriftsplan

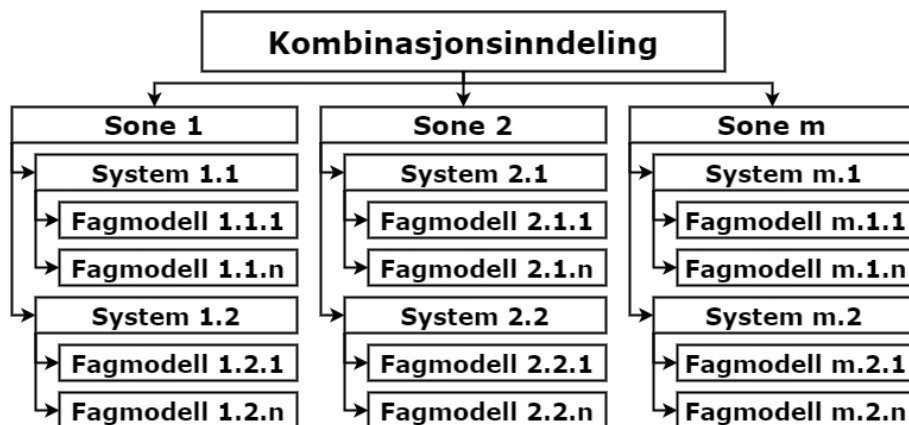
Fra resultatet kommer det fram at det ikke er gjennomført tilstrekkelig fremdriftsplanlegging. Det er ikke gjort noen fremdriftsplanleggende aktiviteter hverken før, eller under igangsettelse av prosjektering. Dette medfører at en mister oversikt over den totale prosessen, som medfører feilprosjektering og unødvendige iterasjoner. I teorien er PDCA beskrevet som en prosess som skal motvirke slike problemer. Sammenligner man PRLs strategi mot PDCA, ser en at det ikke er mulighet til å følge PDCA-strategien. En mister derfor en mulighet til å utføre arbeid etter planer, etablere milepæler for kontroll, og korrigeringsmuligheter hvis noe skulle gå galt.

Det at det er «møte til møte»-planlegging påpekes som en svakhet. Strategien medfører kortsiktig oversikt over arbeidsoppgaver, men fremstår tilstrekkelig for arbeider som skjer i tidsperspektiv på en uke. En kan tenke seg til at slik planlegging medfører usikkerhet for prosjekterende. Dette kan føre til at prosjekterende unngår å imøtekomme frister da det muligens kommer ny informasjon senere som medfører endringer. Et poeng er at frister etableres av prosjekterende når arbeidet oppstår. Det blir derfor ikke utarbeidet gode tidsestimater som medgår arbeidet. Derfor øker sannsynligheten for under- og overestimeringer av tidsbruk, som påvirker prosjekteringen negativt. I teorien er det anbefalt at en må være realistiske overfor prosjekterendes egne estimater (Abou-Ibrahim & Hamzeh, 2018). Prosjekterende estimater kan være subjektive, noe som kan medføre ikke reliable estimater. I pressede situasjoner kan prosjekterende underestimere tidsbruken for å blidgjøre PRL, og i upressede situasjoner overestimere tidsbruken for å skaffe seg tid.

5.2.3 Videreutvikling

Prosjektinndeling

Resultatet viser at det burde gjøres endringer i prosjektinndelingens struktur. I fremtidige prosjekter anbefales det å ivareta soneinndeling, men at sonene detaljeres med beskrivelser av sonens underliggende systemer. Dette betyr at en burde anvende en kombinasjonsinndeling av prosjektet som ble beskrevet i kapittel 5.2.1. I teorien er det beskrevet hvordan man kan bruke PNS til å strukturere prosjekter (Rolstadås, 2020a). Anvendes dette sammen med kombinasjonsinndeling får man et oppsett som kan benyttes for å dele opp prosjektet. Figur 5-2 illustrerer inndelingen. Inndelingen viser også hvordan fagmodeller kan knyttes til de ulike systemene. Dette oppsettet gir andre forutsetninger til utarbeidelsen av leveranselister og fremdriftsplaner tilknyttet soner og systemer. Disse forutsetningene vil være i henhold til EBAs anbefalinger om leveranselister mot soner.



Figur 5-2: Bruk av PNS i kombinasjonsinndeling

På prosjektet er ikke fagmodeller delt inn etter de ulike sonene. Ifølge resultatet burde dette endres til fremtidige prosjekter. Det anbefales at fagmodeller inneholder objekter tilhørende en bestemt sone eller system. Dette vil bidra til å strukturere informasjonsflyten mellom prosjekterende. Svalestuen et al. (2017) sier at en først vil klare å utnytte BIMs potensiale ved å arbeide i samme modell. Dette kan være overførbart til hvordan en håndterer koordinering av soner og systemer. Å forholde seg til koordinering av en sone, eller ett system, kan være verdiskapende da en slipper forstyrrelser fra andre soner og systemers fagmodeller. På en annen side må en være bevisst utfordringene som ble diskutert i kapittel 5.2.2. Det å strukturere BIM-modeller inn i mange små systemer kan føre til for detaljerte modenhetsbeskrivelser. En slik inndeling vil dermed kunne få samme konsekvenser som Hooper (2015) og Nøklebye et al. (2018) beskriver for LOD. Det er viktig å ha som hovedmål å forenkle kommunikasjon i BIM-baserte prosjekteringsprosesser. Derfor må primærfokuset være på nøkterne og relevante inndelinger.

Prosjekteringsleveranser

I resultatet påpekes det at leveranselistene burde brukes aktivt i prosjekteringen. Dette kan gjøres ved å etableres rutiner for bruk av listene. Å ikke etablere leveranselister kan ansees som et skille mellom EBAs rammeverk og praktiseringen på prosjektet. En kan argumentere for at leveranseplanlegging kunne ha ført til bedre forståelse for modenhetsnivåer og soneinndeling. Dette fordi leveranser utføres for å skaffe informasjon som videreutvikler modellmodenhet. Fagmodellenes modenhetsnivå representerer inneholde i de ulike sonene og systemene. Dette viser at alle delene i rammeverket er sammenhengende. Får man etablert en forståelse for dette har man grunnlaget for å forstå rammeverket. Derfor er det

viktig å tydelig kommunisere at prosjekteringsleveransene er informasjonen som behøves for å modenhetsutvikle enkeltstående fagmodeller.

For at et fag skal kunne utvikle egne fagmodeller er de av og til avhengig av fagmodeller fra andre fag. Fagmodellen må muligens ha oppnådd en viss modenhet før modellen kan benyttes. Her er MMI-nivåene gode å kommunisere denne informasjonen. Et av resultatene tyder på at informasjonsleveranser er vanskelige å beskrive med rammeverket, og at slike behov er vanskelige å knytte opp mot modell. Fløisbonn et al. (2018) beskriver i rammeverket at prosjekteringsleveranser skal resultere i enten enkeltstående- eller sammenhengende BIM-objekter. På prosjektet viser resultatene at BIM-objektene ansees som prosjekteringsleveransene fra de ulike aktørene. Tolket en beskrivelse til Fløisbonn et al. (2018) virker det mer som at fagmodellene er en sammenstilling av informasjonen fra relevante prosjekteringsleveranser. Dette betyr at fagmodeller er overordnede leveranser som inneholder informasjon fra prosjekteringsleveranser som er relevante for fagmodellens modenhetsbeskrivelse. Derfor burde ikke fagmodell-leveranser kategoriseres som enkeltstående prosjekteringsleveranser, men som en sammenstilling av alle relevante informasjonsleveranser. Eksempelvis kunne ARK produsert en leveranseliste som viser at MMI300 oppnås først når fagmodell inneholder bygningsfysiskinformasjon fra RIBfy, RIBr og RIAku. Dette ville tydeliggjort for prosjekteringsgruppen at ARK-modell er en sammenstilling av arkitektonisk og bygningsfysikk informasjon. Dette kan forenkle beskrivelse av modenhetsnivåer for prosjekterende. Ved å definere informasjonsbehovet for modenhetsutvikling i leveranselister, så vil en få økt forståelse for hva som skal til for å utvikle modenhet. En slik leveranseliste er illustrert i Figur 5-3.

Fagmodell n.n.n											
MMI100		MMI200		MMI300		MMI350		MMI400		MMI500	
Leveranse	Utført	Leveranse	Utført	Leveranse	Utført	Leveranse	Utført	Leveranse	Utført	Leveranse	Utført
1. 2. n.	Ja Nei ...	1. 2. n.	Ja Nei ...	Intern-koordinert	Ja/Nei	Ekstern-koordinert	Ja/Nei	1. 2. n.	Ja Nei ...	1. 2. n.	Ja Nei ...
PFA	%	PFA	%	PFA	%	PFA	%	PFA	%	PFA	%

Figur 5-3: Modenhetspesifikke leveranselister

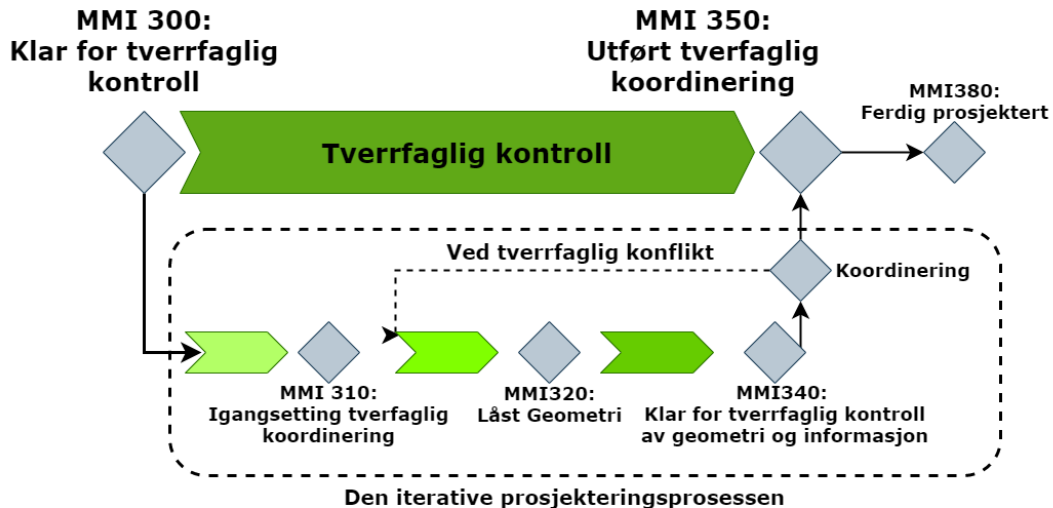
Modenhetsnivåer

Prosjekterende ønsker mer mulighet til å påvirke konsepter i fremtidige prosjekter. En fallgrube for produktiviteten i prosjekteringen har vært at ARK-konseptet har overgått andre fags løsninger. Dette kan ha medført fordyrende og ineffektive løsninger som kunne vært avverget ved annen tilnærming. For å unngå dette problemet ønsker prosjekterende å utarbeide arkitekt-, statikk og tekniske løsninger bedre mot MMI200. Dette kan gjøres ved å gi prosjekterende muligheten til å utvikle BIM-modeller fra MMI100 til og med MMI380. Slik kan man unngå å fjerne nivåer som bidrar til økt verdi på konseptet. Som beskrevet i teorien er arbeidet i tidligfase prosjektering avgjørende for prosjektets suksess (Emmit & Ruikar, 2013). Ved å utvikle mer løsbare konsepter økes indre effektivitet på prosjektet. Dette fordi en får billigere og raskere løsninger til riktig kvalitet. En kan anse MMI100 og MMI200 som tidligfase prosjektering. Det er derfor viktig å fokusere på arbeidene som foreligge i tidligfase på fremtidige prosjekter.

Et resultat påpeker viktigheten av å tydeliggjøre hva som oppnås i ulike MMI-nivåer. Det er viktig å finne en balanse mellom beskrivelsene til Fløisbonn et al. (2018) og eventuelle prosjektspesifikke beskrivelser. Selv om det er viktig å forholde seg til et standardisert

språk, så er hvert prosjekt unikt. Det burde derfor gjennomgå hva de standardiserte beskrivelsene betyr for det enkeltstående prosjektet. I teorien er det beskrevet en lik praksis der det anbefales å etablere prosjektspesifikke beskrivelser for nivåene (Fløisbonn et al., 2018; Garcia et al., 2018). Dette fordi prosjekterende kan ha ulike erfaringer om hva nivåene inneholder. Det viktig at en ikke definerer bedriftsspesifikke nivåer og beskrivelser, men at det etterstreber å bruke etablerte nivåer. Dette kan bidra til å forankre forståelsen for innholdet i MMI-nivåene i bransjen.

I fremtidige prosjekter ønsker prosjekterende at MMI-rammeverket beskriver iterativ prosjektering. Dette vil bidra til å skape økt forståelse for fremdrift i kompliserte prosjekteringsprosesser. På prosjektet er gapet mellom MMI300 og MMI350 den mest krevende prosessen. Dette er gjensidig avhengige og intensive prosjekteringsprosesser. Nivåene beskriver at ingen objekter kolliderer i egen modell (MMI300), og at ingen objekter kolliderer mot andres modell (MMI350). Derimot er det ingen nivåer som beskriver hva som skjer ved modellkollisjoner mot MMI350. Illustrasjonen av modellnivåene til Fløisbonn et al. (2018) kan virke misvisende da prosessen er illustrert som en sekvensiell prosess. For å løse dette kan det være hjelpelig å benytte flere av Statsbyggs nivåer. MMI320 beskriver låsing av geometri mellom ulike fag, og er et nivå som kommuniserer en geometrisk arbeidsprosess. Samme gjelder for MMI340 bare at dette gjelder for fagmodellenes informasjonsinnhold. Disse nivåene kan benyttes for å beskrive etappene mot MMI350. I tillegg burde det vurderes å implementere ett nivå ved navn MMI310 – Tverrfaglig kontroll igangsatt. Dette vil kommunisere at det er igangsatt en iterativ prosess, som kan føre til endringer i BIM-modeller. Dette er illustrert i Figur 5-4. Det er først når tverrfaglig kontroll er utført en kan igangsette siste prosjekteringsarbeid for å erklære fagmodeller som *MMI380 – Ferdig prosjektert*.



Figur 5-4: Iterativ koordineringsprosess mellom MMI300 og MMI350

Fremdriftsplan

Resultatene viser at det burde utarbeides fremdriftsplaner i fremtidige prosjekter. I planene burde det detaljeres hvordan hver disiplin skal nå sine milepæler. Fra teorien vet vi at Fløisbonn et al. (2018) mener fremdriftsplanen skal basere seg på rekkefølgen på prosjekteringsleveranser. Samtidig anbefaler oppsettet at prosjekteringsleveranser skal planlegges etter soner. Dette kan bety at det er fordelaktig å planlegge fremdrift for separerte soner. I resultatet ser vi at den interne fremdriftsplanen skisserer fremdrift for én sone. Denne strukturen kan derfor vurderes å benytte i fremtidige prosjekter.

Styrvold et al. (2019) anbefaler lappeplanlegging for å skissere fremdrift. Som diskutert i kapittel 5.2.1 kan lappeplanlegging gi en overordnet oversikt over milepæler, fremfor en detaljert fremvisning av avhengigheter og rekkefølge som Gantt-diagrammer. Det vil derimot kreve mer tid og ressurser å utarbeide et fullverdig Gantt-diagram. Allikevel kan det tenkes at ved å etablere PNS-struktur for prosjektinndeling, og å knytte leveranselister tydeligere mot utvikling av fagmodeller, så vil en klare å strukturere leveranser mot milepæler, og milepæler mot soner og systemer. Slik kan man etablere fremdriftsplaner for prosjekteringen. Det er derimot ikke innhentet noen resultater som motsier bruken av lappeplan som strategi for planlegging. En kan derfor ikke, med bakgrunn i resultater, argumentere for at Gantt burde prioriteres over lappeplan. Det burde vurderes i prosjekteringsgruppen hvorvidt en behøver detaljerte planer. I komplekse prosesser kan det være behov for detaljerte planer. Dette er derimot ikke alltid scenarioet, og det er derfor ingen fasit for hvilken planer som burde benyttes på prosjekter.

5.3 Oppfølging

I dette delkapittelet er oppfølging av MMI diskutert mot relevant teori. Dette innebærer diskusjon om hvordan målinger og korrigeringer av MMI er brukt på prosjektet. I tillegg til diskusjoner om oppfølgingens styrker og svakheter, og forslag til videreutvikling.

5.3.1 Tilnærming på caseprosjekt

Måling

Ifølge resultatet er det variasjon i hvordan fagmodellernes modenhet blir fastsatt. Prosjekterende erklærer selv MMI200, 300 og 400 som oppnådd, mens MMI350 blir målt i særmerter for koordinering. Av resultatet kommer det frem at erklæringen blir gjort ved å sammenligne modell med modenhetsbeskrivelse, mens målingene mot MMI350 gjøres ved å se på antall kollisjoner. I teorien beskriver Styrvold et al. (2019) at MMI gir forutsetninger til å vurdere hvor stor del av planlagt arbeid som er utført. For å få til dette kan en planlegge arbeider på lengre sikt for å så kontrollere om arbeidet er utført til gitte datoer. På prosjektet er det ikke fastsatt datoer for når fagmodeller skal oppnå ulike MMI-nivåer. Slik planlegging er ikke forenlig med oppfølging av modenhet, og en kan dermed si at det ikke er gjennomført oppfølging av modellmodenhet på prosjektet. På den andre siden har det vært tett oppfølging av informasjonsleveranser. Resultatet viser at det dokumenteres leveranser i hvert prosjekteringsmøte, og at det hver uke gjennomgås om leveranser er utført. Denne tilnærmingen minner om det som i teorien betegnes som PFA (Mejlænder-Larsen, 2019). Forskjellen er at strategien med PFA er en mer kvantitativ tilnærming enn det som er på prosjektet. På prosjektet får en ikke en prosentandel av arbeider som er utført, og en vil dermed ikke ha samme mulighet til å avdekke mangler av leveranser.

Resultatet viser at oppfølging av soner blir gjennomført i hvert eneste prosjekteringsmøte. Dette gir ukentlig oppfølging av sonene, og en får dermed klarert status med de ulike prosjekterende. I tillegg kommer det frem at hvis enkeltsoner krever oppmerksomhet, så blir det kalt inn til særmerter. Særmerternes gjennomføring minner om hvordan Styrvold et al. (2019) anbefaler gjennomføring av oppfølging. I teorien er det beskrevet at kontroll av modenhet burde gjøres i ICE-sesjoner. I særmerterne på prosjektet kalles relevante prosjekterende til møte, og sonene gjennomgås da med BIM-modell. Dette ligner på ICE-sesjoner og samsvarer delvis med hvordan teorien anbefaler oppfølging.

Korrigerings

Resultatene viser at modenhetsnivåer ikke korrigeres dersom fagmodellens innhold ikke samsvarer med modenhetsbeskrivelsen. I teorien er det beskrevet at modeller som ikke

tilfredsstillende modenhetsbeskrivelsen burde korrigeres (Garcia et al., 2018). Anbefalingen i teorien virker som en god strategi for å forhindre at feilinformasjon i modell brukes av andre prosjekterende.

Det er ingen resultater som viser korrigerende av planer er på prosjektet. Derimot kan ringvirkningene av å ikke gjøre korrigeringer diskuteres. Resultatet viser at PRL hadde ambisjoner om å igangsette produksjon til et gitt tidspunkt. Dette tidspunktet viste seg å være urealistisk ifølge ARK og RIB. I teorien beskriver Knotten et al. (2015) at kompliserte prosjekteringsprosesser behøver mulighet for re-planlegging. Kunz & Fischer (2020) beskriver PDCA som en strategi som kan medføre vellykkede prosjekteringsprosesser. På dette prosjektet kunne PDCA vært benyttet til å fremme hvorfor det er viktig å etablere planer. En ville lagt til rette for å avdekke når ARK og RIB begynte å få dårligere tid på arbeidene sine. Slik kunne en kanskje oppnådd ferdig prosjektert arbeid til ønsket dato.

5.3.2 Styrker og svakheter

Måling

Prosjekteringsgruppen opplever å få mye ut av å kontrollere prosjekterende med modenhetsnivåer. Dette er gjort ved å etablere hvilke nivåer som behøves, og dermed hvilke prosjekterende som må utvikle fagmodeller. Slik har kontroll av MMI-nivåer vært hjelpelig i å avdekke avhengigheter som foreligger prosessen. Eksempelvis ble det besluttet at RIVv var avhengig av RIVrs modell med MMI300 før RIVv kunne låse geometri på egen fagmodell. Bruker man terminologien til Bølviken et al. (2010) så kan man kategorisere dette som en sekvensiell prosess. For å unngå at RIVv måtte omprosjekttere rørplassering, måtte de avvente modellering til de hadde nok informasjon fra RIVr-modell.

Resultater viser at hensikten med MMI faller bort når PRL ikke kontrollerer beskrivelser. Reliabiliteten til prosessen kan settes på prøve, og prosjekterende kan bli usikre på om modeller kan benyttes. Abou-Ibrahim & Hamzeh (2018) mener at en må være beviste over prosjekterende subjektive planleggingsestimater. En kan argumentere for at det gis subjektive estimater av MMI-erklæringer. Ved å gi prosjekterende mulighet til å fastsette modenhetsnivåer kan det medføre konsekvenser. Enkelte prosjekterende kan føle seg presset til å beskrive høyere modenhet. Dette fordi en høyere modenhet signaliserer progresjon i arbeidet. For å unngå dette må det være en objektiv oppfølging. Sebastian (2007) mener PRL er ansvarlig for prosjekterings suksess. Derfor burde det tilrettelegges for en uavhengig kontroll av fagmodellens modenhetsbeskrivelser.

Strategien for oppfølgingen av soner fremstår som en styrke. Det er fordelaktig at prosjekteringsmøter forholder seg til overordnede soner, og at særmøter benyttes til å se nærmere på detaljer. Dette er en god løsning fordi et prosjekteringsmøte inneholder flere aktører, enkelte involverte og andre ikke. Å diskutere spesifikke problemstillinger i prosjekteringsmøter vil medføre unødvendig tidsbruk for flere prosjekterende. En burde være selektiv i utvelgelsen av hvem som behøves i oppfølginger av detaljerte problemer.

Den mest målbare oppfølgingsprosessen er tasksystemet. Dette fungerer bra og en har god kontroll over de arbeidene som dokumenteres. Det er derimot en svakhet at ikke alle leveranser dokumenteres. Årsaken til dette er ikke systemet, men menneskelige feil. Menneskelige feil kan også oppstå i andre systemer som baserer seg på menneskelig dokumentering. En kan tenke seg til at leveranselister som viser tasksystemets leveranser kunne avverget dette. Dette fordi en i forkant av utførelsen har skissert forventede arbeid og at dette er fast etablert i planen. En vil med en slik strategi få mulighet til å korrigere

planen da prosjekterende kan få behov for flere leveranser i prosjekteringen. Det vil muligens bli lettere å implementere PFA da en får leveringsfrister på leveranser.

Det at det mangler milepæler påpekes som en svakhet. Mangelen gjør det utfordrende å få til målinger og kontroller av prosjekteringsprosessen. Styrvold et al. (2019) anbefaler at de ulike fagene har konkrete milepæler som det arbeides mot. Disse etableres i lappeplanen og er synlig for alle prosjekterende. Det kan være at prosjekterende lettere forplikte seg til planer med milepæler. Dette fordi en kommer til et stadige i prosessen der det er forventet at du leverer. Et av resultatene viser at det ikke foreligger noen konsekvenser for prosjekterende som ikke leverer. En årsak kan være at det ikke er etablert noen avtaler for når ulik prosjektering skal være ferdigstilt. Enkeltstående datoer kan da framstå som uviktige, og prosjekterende vil muligens prioritere andre arbeider.

Korrigerings

En svakhet med bruken er at det ikke foreligger korrigerings av modenhetsnivåer. Dette samsvarer ikke med anbefalingene til Garcia et al. (2018) om at det burde være muligheter for nedjustering av modenhetsnivåer. Det er ikke gunstig for prosjekteringssamarbeidet at fagmodeller feilbeskrives. En konsekvens av feilbeskrivelser er at det på et tidspunkt vil medføre feilmodellering som må re-prosjekteres.

På prosjektet får ikke brudd på frister konsekvenser for prosjekterende. En av årsakene til dette kan være at problemet i utgangspunktet skyldes «møte-til-møte»-planlegging. Det påpekes at det er svært vanskelig å estimere riktige tidspunkter for leveranser i møter. Med slik planlegging burde det være slingringsmonn. I teorien er det beskrevet lignende utfordringer, og PRL burde hensynta dette. På prosjektet virker det som at det blir hensyntatt da manglende leveranser ikke medfører konsekvenser. I resultatet kommer det frem at «møte-til-møte»-planlegging ikke tilrettelegger for korrigerings. Dette fordi det ikke er planer å korrigere etter og arbeider blir kontrollert med korte mellomrom. En konsekvens av dette er at tapt tid ikke oppdages før tidspunktet arbeidene var planlagt ferdigstilte.

5.3.3 Videreutvikling

Måling

For å videreutvikle prosessen må oppfølgingen av BIM-modellers modenhetsutvikling bedres. Av resultatet kommer det frem at erklæringer av modenhetsnivå må kontrolleres, og målinger av kollisjoner må dokumenteres. Det burde vurderes kravspesifikasjoner for hvilken informasjon fagmodeller skal inneholde ved ulike MMI-nivåer. Slik får en bedre forutsetninger for å følge opp utviklingen som anbefales av Styrvold et al. (2019). Dette fordi en får målbare informasjonskrav til modell som en enkelt kan kontrollere med sjekklister. En kan tenke seg til at rutiner for måling av kollisjoner og informasjonsinnhold, vil motvirke ukorrekte modenhetserklæringer. Dette fordi en unngår de mulige subjektive feilvurderingene av fremdrift.

Suksessen i oppfølgingen vil da avhenge av kvaliteten på kravspesifikasjonene til modenhetsnivåene. Utydelige krav kan medføre godkjenning av modenhetsnivåer uten tilstrekkelig informasjonsinnhold. For å unngå dette kan det være en god ide å knytte leveranselistens innhold mot de spesifikke modenhetsnivåene. Slik vil modenhetsnivået bli definert av PFA av leveranselistene. Dette gjøres ved at prosjekterende erklærer modell klar for kontroll, deretter kontrollerer PRL modellinnholdet mot leveranselisten. Hvis informasjonsinnholdet tilsvarer informasjonskravet, kan modell gis nytt modenhetsnivå. Figur 5-3 illustrerer hvordan PFA kan implementeres i leveranselisten for å oppnå en

målingsbasert kontroll av modenhetsnivåer. Dette vil være en tilnærming etter anbefalt praksis av Styrvold et al. (2019) og (Belsvik et al., 2019).

For å kontrollere erklæringer og målinger foreslås BIM-koordinatorer. Dette utsagnet kommer som et resultat av den manglende BIM-kompetansen til PRL på prosjektet. En BIM-koordinator vil være ansvarlig for å kontrollere erklæringer mot leveranselister, samt gjennomføre koordineringer. Dette er en støttefunksjon for PRL som minsker den tekniske og tidkrevende arbeidsbelastningen for ledelsen. Det er ikke nødvendigvis behov for BIM-koordinatorer hvis ledelsen har denne kompetansen. Dette er en vurdering som må gjøres internt, og det burde stilles spørsmål om egen kompetanse. Potensiell kompetansemangel vil, som på prosjektet, medføre manglende oppfølging.

I resultatet anbefales det å øke antall særmøter tilknyttet systemer i sonene. En økning fremstår som effektive måter å løse utfordringene på. På den andre siden så er ikke nødvendigvis en økning i antall særmøter løsningen. En burde vurdere når en begynner med særmøter og hvor hyppig det er mellom særmøtene. Ved å innarbeide rutiner for særmøtekontroller fra starten av prosjekteringen, vil man kunne hindre at problemer bygger seg opp. I teorien beskrives PDCA som en strategi som forhindrer at problemer oppdages for sent. Kunz & Fischer (2020) beskriver PDCA som en strategi som egner seg i oppfølging av BIM-basert prosjektering. Det burde vurderes å benytte særmøter som en del av kontroll og korrigeringsstadiet fra start av prosjekteringen. Dette innebærer at det planlegges faste mellomrom for kontroll av de ulike systemene. I tillegg til dette burde det være mulig for prosjekterende å etterspørre ekstra særmøter i prosjekteringsmøtene. Disse kan da fokusere på problemer rundt utførelsen av prosjektering.

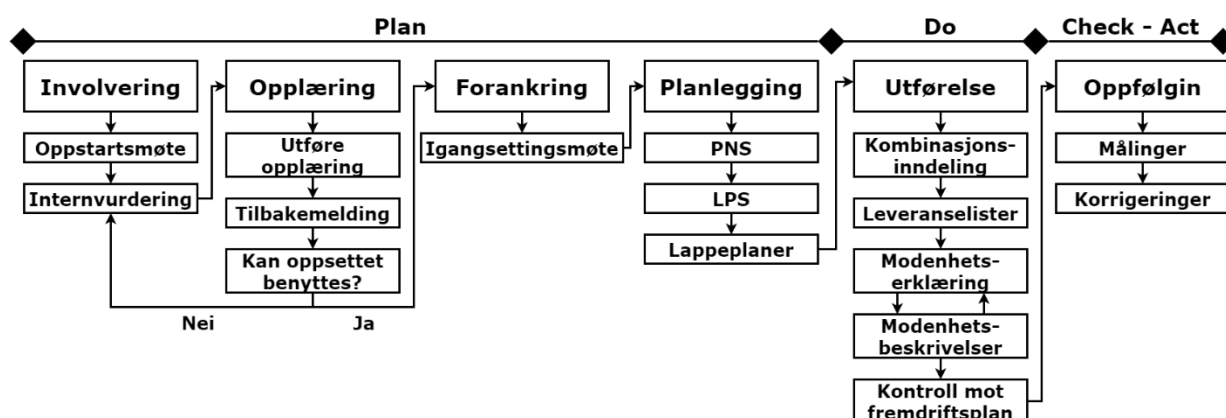
Det tydeligste steget for videreutvikling er å etablere fremdriftsplaner. I utarbeidelsen av disse planene ønskes det fagspesifikke milepæler. Rammeverket anbefaler at MMI-nivåer benyttes som milepæler på prosjekter (Fløisbonn et al., 2018; Styrvold et al., 2019). MMI-nivåer kan egne seg bedre som fagspesifikke milepæler, enn overordnede. Resultatene viser at modenhetsbeskrivelser av soner ikke gir informasjonsverdi. Årsaken til dette er fagmodellenes varierende modenhet innad i sonene. Fagmodellenes modenhet virker derimot monotone innad i tekniske systemer. En kan på bakgrunn av dette tenke seg til at overordnede modenhetsmilepæler burde gis til tekniske systemer, og disiplinspesifikke modenhetsmilepæler til enkeltstående fagmodeller. Når alle tekniske systemer har oppnådd Statsbyggs MMI380 – Ferdig prosjektert, kan en anse sonen som ferdig prosjektert.

Korrigerings

Det foreslås at modenhetsbeskrivelser burde kunne korrigeres i fremtidige prosjekter, samt at det burde være mulighet for re-planlegging av fremdrift. Dette er funn som støttes av teorien rundt PDCA. Forekommer det ny informasjon, eller at det er gjort feilvurdering av modellmodenhet, så må dette kunne korrigeres. Andre strategier vil kunne medføre følgefeil i prosjekteringen som gjør at planene ikke kan følges. Å følge PDCA-strategien i utarbeidelsen av planer vil gjøre prosessen mer oppnåelig, noe som kan forklares ved å benytte teorien til Eikeland (1998). Eikeland (1998) illustrerte hvordan usikkerheten reduseres i prosjekteringsfasen. Dette fordi en innhenter informasjon som er tydeliggjørende for prosessen. Planer blir derimot utarbeidet i et tidsrom med større usikkerhet enn når planene gjennomføres. Derfor må det være mulighet til å korrigere usikkerheten ettersom prosessen utvikler seg. PDCA gir et rammeverk som viser at en må ha jevnlig korrigeringsmøter. Ut fra dette kan en si at særmøter, med søkelys på oppfølging av systemer, er egnet til å vurdere systemprosjekterings progresjon.

6 Konklusjon

Rapportens forskningsspørsmål ble utarbeidet for å svare på hvilke forutsetninger og bruk som burde være ved benyttelse av MMI. Etter at funn og teori er analysert og diskutert er det utarbeidet et flytskjema. Flytskjemaet illustrerer hvordan en kan etablere nødvendige forutsetninger for prosessen, og hvordan MMI burde benyttes. En forkortet utgave av flytskjema er vist i Figur 6-1, og et mer detaljert flytskjema er å finne i Vedlegg 6. Detaljert flytskjema viser hvilke steg som er nye, og hvilke som er videreført fra caseprosjektet.



Figur 6-1: Flytskjema for MMI-prosessen

Flytskjemaet er et resultat av de oppsummerende konklusjoner innenfor planlegging, utførelse og oppfølging. Innenfor hvert delkapittel er det oppsummert hva som er gjort, foreliggende styrker og svakheter, og til slutt en anbefaling om fremtidig bruksflyt. Til slutt presenteres forslag til videre arbeider som kan bidra til økt kunnskap om MMI.

6.1 Planlegging

Involvering

Prosjekterende kontraheres ettersom når informasjonsbehov oppstår. Slik involvering gir utfordringer i samhandling mellom prosjekterende. Dette fordi etterspurt informasjon ikke anskaffes før prosjekterende er kontrahert og prosjektering igangsatt. Kontrahering er tidskrevende prosesser og medfører stopp i modenhetsutviklingen av BIM-modeller. For å unngå dette må PRL fortsette å medregne god tid til prosjekteringen. Tiden må så brukes til å forbedre samhandlingen mellom prosjekterende. LPS burde ansees som nødvendig for å få til vellykkede prosjekteringer med MMI. Dette kan gjøres ved å arrangere oppstartsmøter der alle prosjekterende deltar. I slike oppstartsmøter burde det informeres om prosessen, skape dialoger mellom prosjekterende og definere mål for bruken av BIM og MMI. Deretter burde gjennomføres en internvurdering hvor PRL vurderer prosjekterendes innspill, fastsetter MMI-oppsett og ferdigstiller BIM-manual.

Opplæring

Opplæring er gjennomført enkeltvis etter at prosjekterende er kontraherte. En bieffekt av dette er at ledelsen tilegner seg ny erfaring mellom opplæringene. Dette medfører at ledelsen endrer opplæringens innhold, noe som er ugunstig. Et alternativ til enkeltvis opplæring er å etablere fellesopplæring. Som et supplement burde en tilby enkeltvis support på opplæringen ved behov. Opplæringen inneholder informasjon om prosjektets MMI-

rammeverk og kartlegging av tidligere MMI-erfaringer. Det gjøres ikke kontroller av aktørenes BIM-ferdigheter, noe som er en svakhet da det er viktig at alle aktører har likt utgangspunkt. En utfordring er at MMI-erfaringene til prosjekterende benyttes fremfor prosjektets rammeverk. Disse utfordringene må unngås ved å gjøre strukturelle endringer i nåværende opplæring. Forslag til endringer er å tydeligere kommunisere bruk av BIM og MMI, samt benytte BIM-manual for å forankre hvordan modeller skal lagres, navngis og deles opp. Angående MMI burde ulikheter mellom erfaring og prosjektets rammeverk tydeliggjøres. Dette er en prosess som begge parter vil få læringsutbytte av. Etter gjennomført opplæring må det gis tilbakemeldinger for å vurdere om oppsettet kan benyttes, eller om det må gjøres endringer.

Forankring

MMI er forankret gjennom muntlig enighet mellom enkeltstående prosjekterende og PRL. Forankringen er ikke tilstrekkelig for å skape samhold og tilhørighet til MMI. Dette har medført varierende engasjement i beskrivelser av fagmodeller og delvis bruk av MMI i prosjekteringsmøter. Valgt involvering- og opplæringsstrategi er faktorer som fører til dårligere forankring på prosjektet. En får ikke etablert felleskap i prosjekteringsgruppen og en skaper subgrupper som ikke forplikter seg til hverandre. Viktige styrker for å ivareta MMI på prosjektet er den aktive bruken av BIM-basert prosjekthotell og møtehyppigheten. For å styrke forankring foreslås igangsettingsmøte hvor prosjekterende forplikter seg til bruk av MMI og til hverandre. Dette er aktiviteter som skaper samhold, tilhørighet og forpliktelse. Et viktig punkt for forankring er bruk av BIM-manualer. Dette forankrer hvordan BIM og MMI skal benyttes i samarbeidet, og fjerner usikkerheter rundt tekniske utfordringer.

Planlegging

Prosjekterende er ikke involvert i valg av modenhetsnivåer og soner, og det er planlagt å involvere dem i utarbeidelsen av leveranselister og fremdriftsplaner. En ulempe med planleggingsstrategien er at en ikke utnytter prosjekterendes kompetanse. Manglende involvering medfører at en ikke får forankret utarbeidelsen av leveranselisten, og arbeider blir planlagt mellom møter. I fremtidige prosjekter burde ledelsen gjennomføre anbefalinger for involvering, opplæring og forankring. Dette vil bedre prosjekteringsgruppens mulighet til å planlegge med MMI-rammeverket. I planleggingen burde PNS benyttes til å bryte prosjektet ned i en kombinasjonsinndeling. Deretter burde systemer brytes ned i fagmodeller fra ulike disipliner. Etter at prosjektinndeling er fastsatt benyttes LPS til å utarbeide leveranselister til hver enkelt fagmodell. Basert på inndelingen og leveranselistene skal det produseres lappeplaner for modenhetsutviklingen til systemene og fagmodeller. Dette er en iterativ prosess hvor rekkefølge og avhengighet for prosjektering avdekkes.

6.2 Utførelse

Prosjektinndeling

På prosjektet er det benyttet geografisk soneinndeling. Sonene er navngitte, og det er navnet som beskriver soneinnholdet. En styrke med soneinndelingen er den strukturelle avgrensningen som benyttes i prosjekteringsmøtene. Svakheter er sonenes uegnethet for innholdsanalyser og modenhetsbeskrivelse. Dette skyldes størrelsen og geografiske grensesnitt fremfor tekniske. Rapporten anbefaler kombinasjonsinndeling som kombinerer sone- og systeminndeling ved å bruke PNS til å bygge opp strukturen. Tanken er å etablere overordnede soner med arbeidspakker i form av tekniske systemer. I hvert system leveres BIM-modeller fra involverte fag som utformer geometrien og informasjonen til systemet. Ved å etablere slik struktur får man systemer med samstemt modenhetsutvikling. Dette vil forenkle lappeplanlegging og oppfølging av soner, systemer og fagmodeller. Det anbefales å

bruke overordnede soner som struktur på prosjekteringsmøter, og å kalle inn til særmøter om underliggende systemer og fagmodeller. Kombinasjonsinndeling er illustrert i Figur 5-2.

Prosjekteringsleveranser

Prosjekteringsleveranser er ikke utarbeidet som anbefalt av EBA. Enkelte prosjekterende lager leveranselister, men listene benyttes ikke. Leveranser skapes når prosjekterende etterspør informasjon i prosjekteringsmøtene. Etterspurte fagmodeller lastes opp på prosjekthotell med beskrivelse av MMI-nivå. En svakhet med informasjonsleveranser er at de ikke knyttes opp mot fagmodellens modenhetsutvikling. Dette medfører treg modenhetsutvikling som forsinker prosjekteringsprosessen. En annen utfordring er at disipliner leverer én fagmodell som inneholder alle disiplinobjekter. Modenhetsbeskrivelsen representerer dermed ikke modenheten til hele fagmodellen. Rapporten anbefaler bruken av LPS for å kartlegge informasjonsleveransene til hver fagmodell. Disse leveransene kan struktureres i leveranselister som vist i Figur 5-3. Dette gir grunnlag for målbar erklæring og oppfølging av modenhetsbeskrivelser. Det anbefales at det lastes opp fagmodeller delt inn etter kombinasjonsinndelingen. Dette vil forenkle kollisjonsanalyser i systemene.

Modenhetsnivåer

På prosjektet er alle EBAs nivåer benyttet, utenom MMI100 og MMI500. Dette skyldes at MMI100 og MMI500 anses som unødvendige for dette prosjektet. Bruken av nivåer ble spesifisert for enkeltdisipliner basert på disiplinens behov. Nivåene fremstår som gode og burde brukes i fremtidige prosjekter. MMI200 er for enkelte et for sent nivå for involvering, noe som reduserer disiplinens konseptutvikling. Utviklingen mellom MMI300 og MMI350 er krevende og underkommunisert på prosjektet. Det er en iterativ prosess med økt behov for oppfølging og kommunikasjon. I fremtidige prosjekter burde det tilrettelegges for bruk av alle nivåer, men at kun nødvendige nivåer benyttes i beskrivelse av fagmodeller. Modenhetsnivåene burde først tildeles fagmodellene etter at innhold er kontrollert mot leveranselisten. Når modell innehar alle leveranser tilsvarende modenhetsnivået, kan prosjekterende beskrive modenhet på modell. Dette er ofte iterative prosesser, og spesielt utviklingen mellom MMI300 og MMI350 kan være krevende. Denne prosessen anbefales å analyseres som illustrert i Figur 5-4.

Fremdriftsplan

Det er ikke utarbeidet fremdriftsplaner for prosjekterende, og fremdrift planlegges mellom prosjekteringsmøter. Svakheten med dette er kortsiktig oversikt over prosessens fremgang. En konsekvens er feilprosjektering og unødvendige iterasjoner. En viktig konklusjon er at MMI må benyttes som et planleggende rammeverk. For å få dette til kan man bruke kombinasjonsinndeling og LPS til å planlegge innhold og rekkefølge for modenhetsutvikling. Rapporten anbefaler at fremdrift illustreres via lappeplaner. Det må utarbeides leveranselister som viser leveranser som må leveres for å kunne erklære modenhetsnivå på de ulike fagmodellene. Lappeplanene skal aktivt benyttes som kontrollverktøy når fagmodeller får modenhetsbeskrivelser. Dette vil være et hjelpemiddel for å kontrollere om prosjektering følger planlagt fremgang, eller om det foreligger forsinkelser.

6.3 Oppfølging

Måling

Det er ikke gjort oppfølging med milepæler på prosjektet. Det er ukentlige gjennomgang av soneinnhold der prosjekterende deler status på prosjektering. MMI200, 300 og 400 oppnås når prosjekterende erklær fagmodellens innhold i henhold til modenhetsbeskrivelsene. MMI350 blir målt oppnådd i kollisjonskontroller hvor kollisjoner og konsekvenser analyseres. Styrken med oppfølging av modenhetsnivåer er at en klarer å kartlegge geometrisk

avhengighet mellom disipliner. Dette forhindrer nødvendige iterasjoner og kollisjonskontroller. Ukentlig oppfølging av soneinnhold og leveranser er styrker som medfører progresjon i prosjekteringen. Det er en svakhet at ledelsen ikke kontrollerer erklærte modenhetsnivåer. En risikerer feilberetninger som vil avdekkes senere i prosjekteringen. Mangelen på milepæler fører til ukontrollert oppfølging å spontan erklæring og måling av modenhet. Denne svakheten medfører uoversiktlig progresjon i prosjekteringsarbeider. Rapporten anbefaler primært at det i fremtidige prosjekter utarbeides fremdriftsplaner med modenhetsmilepæler. Sekundært anbefales det å gjennomføre målbare kontroller av modenhetsutvikling. Dette gjøres ved benytte anbefalt oppsett for leveranselister mot fagmodellens modenhetsnivåer. Slik kan en etablere PFA-utvikling mot neste modenhetsnivå. For MMI350 burde kollisjonstester gjennomføres som det praktiseres på prosjektet. Det anbefales at ledelsen legger til rette for særmøter fra start av prosjekteringen. Det burde arrangeres fast oppfølging av enkeltstående soner og systemer, samt innkalling til særmøte etter behov.

Korrigerings

Det er ikke gjort korrigerings av feilbeskrivelser av fagmodeller. Konsekvenser av dette er at det foreligger feilmodelleringer som må re-prosjekteres. Det er heller ikke gjort korrigerings av fremdrift, fordi det ikke er benyttet milepæler eller fremdriftsplaner. På prosjektet har det derfor ikke vært mulig å avdekke avvikene fra PRLs fremdriftsambisjoner. Det er en svakhet at uteblivende leveranser ikke får konsekvenser. En skaper aksept for forsinkelser, noe som ikke er gunstig. Prosjekterende burde derimot ikke sanksjoneres for upresise tidsestimater som blir presset frem i møteplanlegging. Det er derfor god praksis at det vises slingringsmonn fra PRL. I fremtidige prosjekter anbefales endring i prosessstrategi. For å få til jevnlig kontroll og re-planlegging må PCDA implementeres. I fremdriftsplanen burde det avsettes tid til å analysere hvorfor prosjektering uteblir og hvordan dette kan rettes opp. Som diskutert så er fremdriftsplaner et resultat av planlegging med usikkert informasjonsgrunnlag. Det må derfor være prosesser for re-planlegging, og PDCA er et prinsipp fra lean-filosofi som burde foreligge BIM-baserte prosjekteringsprosesser.

6.4 Videre arbeider

I lys av dette arbeidet tydeliggjøres behovet for å kartlegge «best practice» i bruk av MMI. Dette krever flere undersøkelser som viser ulike bruk og hvilke fordeler og ulemper bruken medfører. Denne rapporten har bidratt med anbefalt bruksflyt, kombinasjonsinndeling og belyser hvordan MMI300 til 350 burde analyseres. Bidragene burde testes i prosjekter slik at en får kontrollert om forespeilede effekter oppnås.

Det er gjort få studier som viser hvordan modenhetsutvikling kan benyttes i utvikling av prosjektkonsepser. I dette studiet ble det påpekt at arkitektkonseptet ikke tilsvarte de modenhetsforventningene som var etablert av PRL. Det kan være utfordrende å få en glatt overgang mellom konseptutvikling og prosjektering. Spesielt hvis det benyttes ulike aktører i fasene, noe som kan medføre informasjonshull. Det burde derfor undersøkes hvordan MMI kan benyttes i modenhetsutvikling av konsepser.

Utvikling i bransjen tyder på en økt trend i bruk av totalentrepriser med samspill. Dette medfører en to-delt kontroll over prosjektering hvor byggherre har kontroll over prosjekterende under samspill, og totalentreprenør etter samspill. Dette gir spesielle dynamikker i kontroll av prosjektering. Prosjekterings modenhetsutvikling begynner allerede i samspillet, og det burde derfor studeres hvordan MMI-rammeverket brukes i overgangen fra byggherre til entreprenør.

Referanseliste

- Abou Ibrahim, H., Hamzeh, F. (2018) "Managing Design Projects: Methods and Possible Improvements using BIM" *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*, 5(1) <https://doi.org/10.14455/ISEC.res.2018.37>
- Abou Ibrahim, H., Hamzeh, F. (2017) "Design Management: Metrics and Visual Tools." *IGLC2017*, s565-473 doi: <https://doi.org/10.24928/2017/0234>
- Abou-Ibrahim, H., Hamzeh, F. (2016) "Enabling lean design management: An LOD based framework." *Lean Construction Journal* 2016, s. 12–24.
- Andersen, G. (2019) "Valg av forskningsmetode" Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/subjects/subject:19/topic:1:195989/topic:1:195829/resource:1:56937?filters=urn:filter:f3d2143b-66e3-428c-89ca-72c1abc659ea> (Hentet: 10.22.20).
- Arksey, H., O'Malley, L. (2006) "Scoping studies: towards a methodological framework." *International Journal of Social Research Methodology*, 8, s. 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Austin, S., Baldwin, A., Li, B., Waskett, P. (2000) "Analytical design planning technique (ADePT): a dependency structure matrix tool to schedule the building design process." *Construction Management and Economics*, 18, s.173–182. doi: <https://doi.org/10.1080/014461900370807>
- Ballard, G. (2000a). "Positive vs negative iteration in design"
- Ballard, G. (2000b) "The Last Planner System of Production Control." *The university of Birmingham*.
- Ballard, G. Howell, G. (2003) "Lean project management. Building research and information" *the international journal of research, development and demonstration*, 31, s. 119–133. doi: <https://doi.org/10.1080/09613210301997>
- Bell, B.S., Kozlowski, S.W.J., (2002) "A Typology of Vir ypology of Virtual Teams: Implications for E eams: Implications for Effective Leadership e Leadership." *Group and Organization management*.
- Belsvik, M.R., Lædre, O., Hjelseth, E. (2019) "Metrics in VDC Projects." *IGLC19*, s. 1129–1140.
- BIMforum, (2019)" BIMForum - LOD." Tilgjengelig fra: <https://bimforum.org/lod/> (Hentet: 11.12.20).
- Bølviken, T., Gullbrekken, B., Nyseth, K. (2010) "Collaborative Design Management."
- Chen, P.-H. (2005) "Implementation of IFC-based web server for collaborative building design between architects and structural engineers." *Automation in Construction*, 14(1), s.115-128.
- Creswell, J.W. (2014) "Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches" 4. Utg, SAGE, Los Angeles, Calif.
- DeMarco, T., Timothy, L. (1999) "Peopleware: Productive Projects and Teams." Utg.2. Dorseth House, New York.

- Denzin, N.K. (2006) "Sociological Methods: A Sourcebook." Routledge, New York.
- Eikeland, P.T. (1998) "En teoretisk analyse av byggeprosessen" *Forskningsprogrammet Samspillet i byggeprosessen*.
- Ekholm, A., Blom, H., Eckerberg, K., Lownertz, K., Tarandi, V. (2013) "BIM – Standardiseringsbehov 67"
- Elmualim, A., Gilder, J. (2014) "BIM: innovation in design management, influence and challenges of implementation" *Architectural Engineering and Design Management*, 10(3-4), s. 183-199.
- Emmit, S., Ruikar, K.D. (2013) "Collaborative design management." Routledge, Abingdon.
- Engebø, A. (2020) "Intro til metode". TBA4128 - Prosjektledelse, videregående kurs
- Engseth, P. (2015) "Totalentrepriser førstevalg" Tilgjengelig fra: <https://www.byggfakta.no/totalentrepriser-forstevalg-88866/nyhet.html> (Hentet: 11.26.20).
- Eray, E., Haas, C.T., Rayside, D., Golparvar-Fard, M. (2018) "A Conceptual Framework for Tracking Design Completeness of the Track Line Discipline in Mass Rapid Transit Projects" *ISARC Proceedings*, s. 252–258.
- Fleming, Q.W. (2010) "Earned value project management." Utg.4 Project Management Institute, Newtown Square, Pa.
- Fløisbonn, H.W., Skeie, G., Uppstad, B., Markussen, B., Sunesen, S. (2018) "MMI – Modell Modenhets Indeks. Oslo.
- Friberg, J.H. (2019) "Tvilsumme informanter, troverdig forskning?" *Norsk sosiologisk tidsskrift*, 3, s. 119–136. doi: <https://doi.org/10.18261/issn.2535-2512-2019-02-02>
- Frøslie, K.F. (2019) "Korrelasjon" Tilgjengelig fra: <https://snl.no/korrelasjon> (Hentet: 10.22.20).
- Garcia, G., Golparvar-Fard, M., De la Garza, J.M., Fischer, M. (2018) "Model Maturity Risk Index Framework for Tracking Progress in Model-Based Engineering." *Construction Research Congress 2018*.
- Gioia, D.A., Corley, K.G., Hamilton, A.L. (2013) "Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research: Notes on the Gioia Methodology." *Organizational research methods*, 16, s. 15–31. doi: <https://doi.org/10.1177/1094428112452151>
- Glaser, B.G., Strauss, A.L. (1999) "Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research." Taylor & Francis Group, Somerset, UNITED STATES.
- Gray, C., Hughes, W. (2001) "Building Design Management." Routledge.
- Grønmo, S. (2018) "Kausalitet." Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kausalitet> (Hentet: 10.22.20).
- Heigermoser, D., García de Soto, B., Abbott, E.L.S., Chua, D.K.H. (2019) "BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management." *Automation in construction* 104, s. 246–254. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.019>
- Hermundsgård, M. (n.d) "Integrated Concurrent Engineering." *Samtidig prosjektering for byggeprosjekter*.
- Herrera, R.F., Mourgues, C., Alarcón, L.F., Pellicer, E. (2019) "An Assessment of Lean Design Management Practices in Construction Projects." *Sustainability* 12 (1), s. 19. doi: <https://doi.org/10.3390/su12010019>

- Hooper, M. (2015) "Automated model progression scheduling using level of development." *Construction innovation*. 15(4), s. 428-448.
- Hussein, B. (2016). "Veien til suksess: fortellinger og refleksjoner fra reelle prosjektcaser." Fagbokforl, Bergen.
- Johannessen, A., Christoffersen, L., Tufte, P.A. (2016) "Introduksjon til samfunnsvitenskaplig metode". Utg. 5t, Abstrakt Forlag A/S, Oslo.
- Kalsaas, B., Sacks, R. (2011) "Conceptualization of interdependency and coordination between construction tasks." *IGLC 2011*, s. 35-45.
- Kalsaas, B.T. (2017) "Lean construction: forstå og forbedre prosjektbasert produksjon." Fagbokforl, Bergen.
- Knotten, V., Lædre, O., Hansen, G.K. (2017) "Building design management – key success factors." *Architectural Engineering and Design Management*, 13, s. 479-493. doi: <https://doi.org/10.1080/17452007.2017.1345718>
- Knotten, V., Svalestuen, F., Hansen, G.K., Lædre, O. (2015) "Design Management in the Building Process - A Review of Current Literature." *Procedia economics and finance*, 21, s120-127.
- Kunz, J., Fischer, M. (2020) "Virtual design and construction. Construction management and economics" 38, s. 355-363. doi: <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1714068>
- Kvale, S., Brinkmann, S. (2017) "Det kvalitative forskningsintervju" utg. 3. Gyldendal, Oslo.
- Lædre, O. (2006) "Gjøre det selv eller betal andre for jobben." *Consept 3 NTNU*.
- Malt, U., Tranøy, K.E. (2020) "empiri." Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <http://snl.no/empiri> (Hentet: 3.2.21)
- McPhee, A. (2013) "practical BIM: What is this thing called LOD" Tilgjengelig fra: <http://practicalbim.blogspot.com/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html> (Hentet: 12.11.20).
- Mejlænder-Larsen, Ø. (2019) "A three-step process for reporting progress in detail engineering using BIM, based on experiences from oil and gas projects" *Engineering, Construction and Architectural Management* 26, s. 648-667. doi: <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2017-0273>
- Meland, Ø.H. (2000) "*Prosjekteringsledelse i byggeprosessen Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko?*" Trondheim.
- Olsen, A.S., Jermstad, O., Eriksen, L.S. (2013) "*PROBY*."
- Miettinen, R., Paavola, S. (2014). "Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling." *Automation in Construction*, 43, 84-91. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.00>
- Nøklebye, A., Lædre, O., Svalestuen, F., Fosse, R. (2018) "Enabling Lean Design with Management of Model Maturity" *IGLC18*, s.79-89.
- Norman, E.S., Brotherton, S.A., Fried, R.T. (2008) "*Work Breakdown Structures: The Foundation for Project Management Excellence*." John Wiley & sons, New Jersey.
- Olsson, N. (2011) "*Praktisk rapportskrivning*." Tapir Akademisk, Trondheim.
- Richert, T. (2017) "*What is the Last Planner System?*" Tilgjengelig fra: <https://leanconstructionblog.com/What-is-the-Last-Planner-System.html> (Hentet: 8.3.21).

- Rolstadås, A. (2020a) "*WBS – prosjektledelse.*" Tilgjengelig fra: http://snl.no/WBS_-_prosjektledelse. (Hentet fra 8.11.20)
- Rolstadås, A. (2020b) "*prosjektoppfølgning.*" Tilgjengelig fra: <http://snl.no/prosjektoppf%C3%B8lgning>. (Hentet: 9.11.20)
- Rolstadås, A., Olsson, N., Johansen, A., Langlo, J.A. (2020) "*Praktisk prosjektledelse: fra idé til gevinst.*" 2. utgave. Fagbokforlaget, Bergen.
- Sacks, R., Radosavljevic, M., Barak, R. (2010) "*Requirements for building information modelling based lean production management systems for construction.*" *Automation in Construction*, 19(5), s 641-655. doi: 10.1016/j.autcon.2010.02.010.
- Samset, K.F. (2014) "*Prosjekt i tidligfasen: valg av konsept.*" 2. utg. Fagbokforl, Bergen.
- Saunders, M., Lewis, P., Thornhill, A. (2009) "*Reserch methods for business students.*" utg.7 Pearson.
- Sebastian, R., 2007. *Managing Collaborative Design.* Eburon Uitgeverij B.V.
- Sintef, n.d. "*Dataanalyse*" Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/ekspertise/sintef-ikt/optiske-malesystemer/dataanalyse/> (Hentet: 30.4.21).
- Solberg, M.G. (2014) "*Vegvesenet skal tredoble andelen totalentrepriser*". Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/vegvesenet-skal-tredoble-andelen-totalentrepriser/225954> (Hentet 26.11.20).
- Statsbygg. (2020) "*SIMBA - Statsbyggs BIM-krav - SIMBA 1.3*" Tilgjengelig fra: <https://sites.google.com/view/simba-bim-krav/simba-1-3> (Hentet: 10.3.21).
- Statsbygg. (2018) Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/nytt-fra-statsbygg/nyheter/2018/statsbygg-satser-pa-samspill> (Hentet: 26.11.20).
- Styrvold, M., Knotten, V., Lædre, O. (2019) "*Planning the BIM Process in AEC Projects.*" IGLC19 s. 527-528.
- Svalestuen, F., Frøystad, K., Drevland, F., Ahmed, S., Lohne, J., Lædre, O. (2015) "Key Elements to an Effective Building Design Team." *Procedia computer science*, 64, s. 838-843.
- 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, s. 204-219.
- Svalestuen, F., Knotten, V., Lædre, O., Lohne, J. (2018) "Planning the building design process according to Level of Development." *Lean Construction Journal*, 2018, s. 16-30.
- Tauriainen, M., Marttinen, P., Bhargav, D., Koskela, L. (2016) "The effects of BIM and lean construction on design management practices." *Procedia Engineering*, 164, s. 567-574
- Thompson, J.D. (1967) "*Organizations in Action: Social Science Bases of Administrative Theory*" New York.
- Tjora, A.H. (2021) "Kvalitative forskningsmetoder i praksis" Oslo: Gyldendal
- Tranøy, K.E. (2020) "induktive metoder." Tilgjengelig fra: http://snl.no/induktive_metoder. (Hentet: 5.2.21)

- Tranøy, K.E. (2019) "metode." *Store norske leksikon.* Tilgjengelig fra:
<http://snl.no/metode> (Hentet: 5.2.21)
- Uusitalo, P., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Olivieri, H. (2019) Solving design management problems using lean design management: the role of trust. *Engineering, construction, and architectural management*, 26, s. 1387–1405. doi:
<https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2018-0135>
- Westgaard, H., Arge, K. og Moe. K. (2010) Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse. (*Byggekostnadsprogrammet*).
- Yin, R. K. (2018) *Case Study Research and Applications*
- Zoe, R.R., Tang, L., Goh, M. (2013) "Assessment of information maturity during design, operation and maintenance stages within BIM use environment." *The 19 International Conference on Engineering Design*, 6, s. 41-52.
doi:10.13140/RG.2.1.2273.2641

Del 2 – Forskningsartikkel ProjMAN 2021



CENTERIS - International Conference on ENTERprise Information Systems
/ ProjMAN - International Conference on Project MANagement / HCist -
International Conference on Health and Social Care Information Systems
and Technologies 2021

MMI in the design process

Findings and improvement opportunities from a case study implementation

Ulrik Hansen^a, Roar Fosse^b, Ola Lædre^a

^aNorwegian University of Science and Technology (NTNU) 7481 Trondheim, Norway

^bStatsbygg (Norwegian Directorate of Public Construction and Property), 0155 Oslo, Norway

Abstract

Norwegian contractors are more involved in design management than before due to an increased number of design build contracts, and several of them therefore currently have a strong focus on improving their design management processes. In 2018, the Model Maturity Index (MMI) was launched in Norway as a framework to aid design managers plan and control BIM-based design. This study assesses how MMI, project sectioning, delivery lists, scheduling and follow up improve design processes.

Data was collected with a qualitative case study, through an initial literature review, followed by seven semi-structured interviews with design managers and different engineering disciplines. Sixteen observations of different types of design meetings were done, and documents were studied to supplement the data from the interviews and observations.

The case study revealed that MMI was used to communicate achieved maturity for each BIM-model rather than for planning. Geographical zones were used to create an overview of necessary design tasks, and the zones gave a structure for design meetings. It was neither created delivery lists for the individual disciplines, nor schedules with delivery milestones – despite recommendations in literature. As a result, the case project strived with coordinating the maturity level for the involved disciplines' BIM and followup on the design process.

Recommendations on how the MMI-framework should be used in future projects are identified. For example, some improvements to the coordination process between MMI300 and MMI350 are suggested. Future projects should explicitly consider both geographical zones, object systems and disciplines when creating schedules for MMI developing. Future projects should also support these schedules with delivery lists with tasks and their milestones. And the design manager should follow up the schedules and re-plan MMI-related tasks and milestones not reached in a Plan-Do-Check-Act related manner.

Keywords: Model Maturity Index; MMI; design planning; design management

1877-0509 © 2021 The Authors. Published by Elsevier B.V.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>)

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the CENTERIS - International Conference on ENTERprise Information Systems / ProjMAN - International Conference on Project MANagement / HCist - International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies 2021

1. Introduction

In Norwegian architectural, engineering and client (AEC) projects an increase in design-build contracts is observed. By giving the responsibility of the design to contractors, clients reduce their own risk [1], and it also allows contractors to implement ideas with higher internal efficiency [2]. In other words, productivity can be increased when using design-build contracts.

Research reveals that Norwegian AEC projects are struggling with the productivity in design [3]. Early design is one of the most important phases in projects [4]. Complex projects cause confusing and demanding design processes that often needs close monitoring [5]. Design processes in complex projects are known as synchronous processes and may lead to work with mutual dependencies between the participants in the design group.

The use of building information modelling (BIM) has led to change in communication in design [6], but it is still possible to increase productivity [7]. For example, there are examples from the Norwegian oil and gas industry where design teams utilize lean philosophy combined with model maturity management to better control design processes with BIM [8].

In 2018 a group from the Norwegian AEC industry published a framework providing a language for planning and control of BIM maturity during the design process [9]. The framework, called model maturity index (MMI), consists of standardized indexes with descriptions of model maturity and provide guidelines for planning design processes.

There are few studies that focus on how contractors could use MMI. However, some literature on the structure and implementation of MMI exists (se for example [10], [11]). Still, there is a need for documenting experiences from use of MMI design processes in the AEC industry. The three main research questions (RQ) used for data collection are:

RQ1: How is the model maturity index used?

RQ2: What are the strengths/weaknesses of using model maturity index?

RQ3: How should model maturity index be used in future projects?

2. Research method

The research consists of a scoped literature review and a qualitative study. The literature review was initiated to address a knowledge gap in the theory and to build the theoretical background for the research. Keywords were used in different search engines to find appropriate articles. The search started by using keywords as *design management* and *AEC*. Subsequently, the search was narrowed by suppling with *BIM*, *collaboration*, *LoD* and *MMI*. After the initial search the articles were analyzed using Arksey & O'Malleys [12] strategy for scoped literature study.

The RQ's were addressed by using a qualitative approach as described by Yin [13]. The case, presented in Tabell 1, was chosen based on the contractors use of MMI on the project.

The data was collected through seven semi-structured interviews, sixteen observations in addition to document studies. Yin [13] highlights the importance of gathering data from different perspectives. Therefore, three of the interviews were carried out with individual representatives of the contractor, while four interviews were conducted with different engineering disciplines.

Interviews were carried out by using an interview guide based on the RQ's. The interviews lasted between 45-60 minutes and were recorded. Afterwards the interviews were transcribed and summarized. The interview objects were chosen based on their role in the case project.

During the time of the study, several observations of the design process were conducted as a meeting participant. A total of ten design meetings, two special meetings and four teaching meeting are included as part of the study. The observations were documented by taking notes and placed in pre-defined categories similar to the interview guide. An advantage of conducting observations as meeting participant is the possibility for in-depth understanding of the project circumstances [14].

The document study was conducted by studying DWG's, IFC's, Excel charts, etc and was enabled by project database access. The documents were used to confirm statements from interviewees and observed phenomena.

Tabell 1: Information about the case study

Name	Contract	Cost	Location	Content
Sjogata Panorama	Design - Build	110 mNOK	Finnsnes Norway	<ul style="list-style-type: none"> • Underground parking garage in concrete • Two three story apartment building made in wood. • One four story apartment building made in wood.

3. Theoretical background

3.1. Need for communication in design processes.

The design process consists of tasks with varying forms of dependencies [15]. Which type of dependence is decided by the complexity and need for communication between design members [5]. Design teams will experience tasks that could be described as iterative reciprocal works. This is highly demanding and require synchronous communication. Iterative reciprocal design differs from traditionally production process, which mainly consist of sequential works [5]. To manage these processes, understanding for the different forms for dependencies is key [16]. It is the design manager who is responsible for the success in design works [17]. Therefore, an important task of the design managers is to locate where iterative reciprocal design works occurs.

The transition from traditional design to BIM-based design has changed the way of communication. It is recommended that communication and information go through the BIM-model, and not separately between group members. This can lead to faster response between members, which will improve the interaction in the design [6]. To exploit the potential of BIM it is important that the design groups uses the same models [18]. This contributes to the reduction of unnecessary iterations and systematization of the process [19]. To secure successfully use of BIM its recommended that the management gives thoroughly instruction on how modelling should be conducted, and what it should contain [20].

3.2. Traditionally planning and Last Planner System

To uncover needs for communication, one must schedule the process. Traditionally planning is done by dividing head tasks into work packages and structure them by dependencies. To do this one could use Work Breakdown Structure (WBS) [21], where the work is divided in packages with information about resources needed to solve the task [19]. After packages and order is decided, managers illustrate the workflow through schedules. Gantt charts is a schedule that illustrate the activities in a chronological order. This is described by sorting task throughout the y-axis, and task duration by the x-axis [22].

A challenge with traditionally design planning is the similarities to production planning [23]. The schedules are then based on sequential works instead of iterative works. Svaestuen et al. [8] recommend that the AEC industry learns from design processes in the Petroleum-industry. The design processes in the Petroleum-industry allow iterative works for a longer period than AEC. They manage this by planning design with lean philosophy and model maturity. An important part of lean is Last Planner System (LPS) [24]. LPS describes the potential of involving those who are going to execute the activities in the planning. The design managers can explain what should be done in a long-term master plan. Afterwards the designers can use their expertise to define what could be done within the available time in a design phase schedule and underlying lookahead schedules. By combining what should and what could be done, the design group could decide what will be done and when it must be done to fulfill the master plan [25].

Lean philosophy involves continuous improvement. A strategy to achieve this is Plan - Do - Check - Act (PCDA) [25], [26]. By using PDCA the design groups establish routines for controlling works against planned work, and replanning is necessary if the schedule turns out to be unrealistic. Complex construction projects consist of continuous processes [5]. This means that delays in one phase of the project will cause delays later in the process. By avoiding checks and re-planning, error or delays would not be detected which could lead to unsuccessful projects.

3.3. The model maturity index

MMI is a framework for communication, planning and control of BIM development [9]. It is important to separate MMI from LOD. MMI focuses on maturity of the BIM models development, where LOD focus on

maturity of individual objects [6], [27]. Some believe that LOD is too orientated towards development of objects instead of creating value for the design process [6], [28]. MMI is a framework that can provide focus on model maturity in the process. The framework is represented by five standardized indexes describing the information content of models.

- MMI100 – Sketch: The process towards MMI100 contain establishment of proposed solutions. Objects within MMI100 is sketch suggestions. This means several solutions can be modelled and major changes can be done.
- MMI200 – Established concept: The objects are presumed worked based on design on conceptual solutions. It assumes that there are not major changes in concept that affects other disciplines.
- MMI300 – Ready for control against other disciplines: Objects should be coordinated for individual disciplines. Object should at this level have correct geometry and placement.
- MMI350 – Completed control against other disciplines. The object is coordinated towards adjacent objects. This is often an iterative process, and it is first at completed collision control those objects will mature to this level.
- MMI400 – Production underlayer: The object is controlled and accepted for construction. Any conflicts or suggested changes should be reviewed by actual disciplines. When it is checked, object is ready for production.
- MMI500 – As built: Demands of As-Built documentation is updated by the designers.

The first thing that should be done while planning MMI is to arrange a start-up meeting. The project objectives and each member role should be clarified. An important step is to map the BIM skills and earlier knowledge of MMI. This may do it easier to decide the level of detail of the MMI-framework [10].

In the Norwegian manual of MMI it is recommended to adapt the choose of maturity indexes to the project [9], [29]. Studies shows that Norwegian contractors has created supplementary indexes to the framework. The reason was the need for supporting indexes between the standardized indexes [7]. Statsbygg published new indexes in their revised BIM-manual for 2020. Those indexes where supplements to MMI300 and MMI350 and described the process between 300 and 350. They also published an index called MMI380 – Design completed. Garcia et al. [11] explains that every group member must be acquainted with indexes that is used in the specific project, as group members may have different understanding of indexes and implementation from previous projects. An important part in index selection is the involving of the design group [10]. It is described that one criterium for a successful process is to use only the necessary indexes.

To gain control over the maturity development it is recommended to divide the project into smaller zones [9]. These zones are geographically determined and can be a floor, room, story or a building [7], [10]. By using this you can plan the design deliveries for every zone and plan the maturity development for single zones and the project. Garcia et al. [11] explains that an alternative for geographical zones are technical systems.

Designers should create delivery lists for each zone or system. Delivery lists contains tasks that every discipline needs to do too further develop their BIM maturity [9], [10]. The result of this list is single or multiple BIM objects from the delivery list owner. Experiences from LOD shows that detailed descriptions of single objects may lead to a too theoretical and detail-oriented framework [6], [7], [28]. Not all BIM models need all the maturity descriptions in the process [11]. To decide which task and descriptions that needs to be done it is important to involve designers [10].

Scheduling of design with MMI is recommended illustrated with post-it-note plans [10]. Each note symbolizes a specific maturity milestone of the different designers BIM-models. The order of milestones and the duration is decided by using the information from the delivery plans. Scheduling and planning give the opportunities to do routine checks on progress. Styrvold et al. [10] believe that one could check the amount of completed work against planed work. This strategy is similar to the follow-up method described by Mejlænder-Larsen [30]. By calculating the percent plan completed (PPC) work that is performed one could easily discover where the lack of deliveries is. This way design managers could aid the suffering designer with re-planning of works. PPC is recommended to measure maturity at each design meeting [31]. By doing this design managers can track if maturity progress is due to the scheduled level of maturity.

4. Findings

4.1. RQ1: How is the model maturity index used?

It was used a selection of the standardized *model maturity indexes* on the case project. More specific only MMI200, 300, 350 and 400 were applied. The reason for avoiding MMI100 and 500 were that the design managers considered these indexes as inadequate and unnecessary design steps for project. Architectural concepts were determined, and the management presumed no need for sketches from other disciplines, which led to neglect of MMI100. MMI500 were neglected due to the limited value for the contractor after the production and no requirement from the client.

The project was sectioned into *geographical zones*, based on how the production was divided in zones. The first zone was *Ground and Foundation*, the second *Parking Garage* and the third *Apartment Buildings*. Design managers used zoning to achieve analytical interfaces to provide easier design works.

It was planned to use *delivery lists* on the project, but inadequate involvement of designers and poor commitment from the design managers led to meeting-based planning instead. In these meetings designers were involved by communicating their information needs to further evolve own design. These needs of information were then classified as task for the informative designer.

There were not made any *schedules* describing progression of design works or model maturity. Through interviews it emerged that MMI-related schedules were intended to be generated, but the lack of early involvement of designers did it challenging to achieve this.

Studies showed that design tasks from different zones were instead *followed up* in design meetings, where design managers successively review each zone to obtain an updated status on the design and maturity, resulting in completed task being clarified and need of information communicated. It was not established MMI-related milestones on the project due to the lack of scheduling. Therefore, controls of maturity on BIM-models were not done properly. Designers instead declared upgraded maturity on BIM-models sporadically based on when they reach it and design managers did not execute internal control of declared maturity except for MMI350. This because MMI350 was achieved after collision controls which were facilitated by design managers.

4.2. RQ2: What are the strengths / weaknesses of using model maturity index?

In generally, the design group was pleased with the selected maturity indexes. The descriptions of indexes appear to be easily understood and it is intuitive to understand when to use various indexes. A deficiency was that the process between MMI300 and MMI350 is poorly described.

The zone sectioning can be used as a structure for design meetings, and it made involvement of correct designers in discussions and to clarify problems easier. It was observed an increasing need for special meetings concerning different systems in respective zones. The reason for this was that design members considered descriptions of zones to be too general, focusing too much on interfaces between zones, instead of describing interfaces within the zones. The zones were also considered too large. Especially the *Parking Garage* and the *Apartment Buildings* consist of many smaller technical systems. Designers had BIM-objects in different systems in the zones, and the different systems had varying degrees of maturity. A weakness was therefore that maturity descriptions on zones led to incorrectly descriptions of maturity for internal systems within that zone.

One of the first involved designers were asked to create a delivery list, entailing which deliverables this design discipline had regarding the MMI system. This list is a useful input in the planning process, while it also makes the designer self-conscious on own tasks and needs. Therefore, a weakness identified in the case project's MMI application was the lack of usage of such delivery lists. This, as well as the lack of delivery plans led to weekly task planning in design meetings.

Studies showed that the lack of scheduling and delivery planning result in short-term overview, which in the long run led to re-design. This is considered as a weakness. It was not addressed any strengths with the planning strategy on the case project.

It is categorized as a weakness that managers did not control declaration of model maturity, but entirely relied on the design discipline's self-assessment. Also, when wrong declarations were discovered, the management did not demand changes in BIM-models maturity description. Designer appreciated the confirmation of MMI350 through clash detections and communicated that measurable index declarations were favorable. Because of lack of scheduling there were not any checkpoints to control that progress was maintained. This is considered a weakness and designers believed that this usage is not compatible with re-planning.

4.3. RQ3: How should model maturity index be used in future projects?

Some designers suggested more specific descriptions of the phase between MMI300 and MMI350, which could be achieved by creating new maturity indexes which describes that BIM-models are in a coordination process with other BIM-models.

To increase the utility of project sectioning, zones should be further detailed. It is suggested that geographical zones should be detailed by technical subsystems. By this approach, designers believed that the various interfaces inside of zones could be uncovered. These technical subsystems should be described with the different BIM-models that belongs to the system. This is believed to create easier checks and controls of the systems.

In future project it is suggested that delivery lists should be used more in design planning with MMI. It is a general opinion that delivery lists would make it possible to predict dependencies between disciplines. Also, it could be used to predict duration of tasks which could be combined with scheduling.

A result of this study is that scheduling should be done in further projects with MMI. This is explained by the fact that MMI is a framework to guide planning and control of the design process. Therefore, it is crucial for anchoring of MMI that schedules are made. Designers recommended that in future projects, schedules are created to show maturity development towards each individual discipline.

Designers suggested that design managers closer monitor maturity development in future projects, reducing errors from wrong declared maturity. To be able to control maturity development it is important to establish checkpoint dates or milestones for achieved maturity. Delivery list could be used as measurable checklist for maturity developing task between indexes.

5. Discussion and conclusion

As described in findings it was used a selection of standardized *MMI*. This is according to using standardized indexes rather than company created terminology, as suggested by Garcia et al. [11]. In another perspective the consisting framework could have flaws, and there should perhaps be more indexes [7]. Findings showed that designers were happy with the standardized indexes, but that they missed descriptions of process complexity. They did not feel that the established MMI framework described the iterative process between MMI300 and MMI350 sufficiently. The tailor-made BIM-manual of Statsbygg [29] provides indexes that could help describing this complexity if integrated in the standardized MMI framework. The process complexity between MMI300 and MMI350 is illustrated by the iterative reciprocal design in fig. 1.

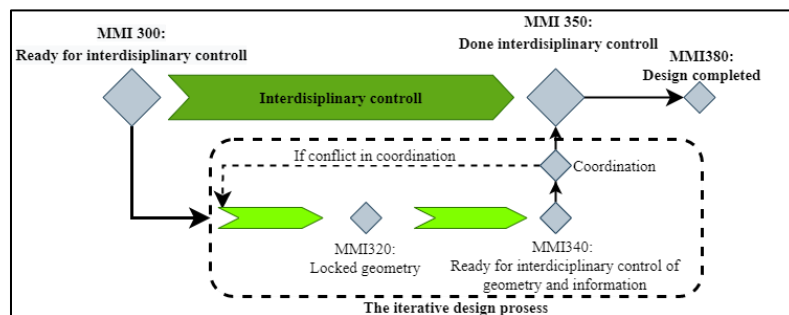


Fig.1. Iterative design process between MMI300 and MMI350

Iterative reciprocal design works occurs during model coordination and after unachieved interdisciplinary controls. During coordination engineers are checking and discussing clashes. These clashes could have significant impact on design works. Afterwards disciplines must adjust geometry and information on models which are complex, and demanding works due to the frames established in the coordination. New geometry and information could affect even more disciplines, and therefore this process is categorized as reciprocal design with high complexity.

Geographical zones based on production flow have been used to divide the project in smaller and manageable design parts. This aligns to zone description in the Norwegian MMI-manual [9]. These zones were too large and undetailed for practical use of MMI. The zones consisted of several technical systems, each with different maturity development. By describing maturity of zones, some systems in the zone were constantly

described with wrong maturity. Despite this, the chosen geographical zone sectioning was suitable for structuring design meetings. A problem with the sectioning was that it focused on geographical interfaces instead of technical systems. For some of the designers, the technical systems required more attention than the geographical zones. Systemically sectioning described by Garcia et al. [11] could solve the problem caused by many technically systems distributed geographically in the building. However, applied alone systematical sectioning could lead to chaotic identification of systems with dependencies. It would be easier to describe dependencies between systems in a limited geographical zone. Therefore, geographical and systematical sectioning should be combined. This uses the structural idea of WBS combined with zone and system to structure the project. Zones forms the head structure, while the zone is broken down into systemically work packages. Every system consists of belonging BIM models from necessary disciplines. The full structure is illustrated in fig. 2.

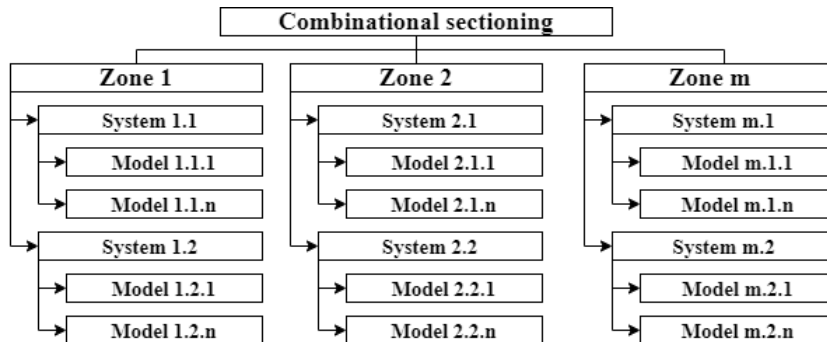


Fig. 2. Combinational sectioning, with sectioning in geographical zones and systems. The systems consist of BIM models.

Delivery lists describing when the defined zones were to reach the different maturity levels were not used in the examined case project. The delivery lists were replaced with ad hoc task planning during design meetings. A consequence was that designers did not acquire the overview of the tasks and their dependencies needed to apply MMI as described in the Norwegian MMI-manual [9]. This manual recommends creation of delivery lists to all zones with tasks, their duration, and a description of how to achieve required maturity. To create delivery lists, the tasks should be planned before dependence occurs. To do this, it would be necessary to involve all designers affiliated to the respective tasks. Both LPS and WBS should be used when preparing the delivery lists with planned maturity levels for geographical zones, systems, and models. Delivery lists with descriptions of tasks that must be completed to achieve each maturity level should be created for every single discipline model.

Despite crystal clear recommendations in literature, *schedules* for the design were not made at start. It could be considered as a weakness that progress is planned between meetings on an ad hoc basis. The project lacked long-term overview of the design process. Lack of overview created risk for unnecessary iterations and missing out on necessary tasks. A first step to mitigate the consequences is to actually create MMI-related schedules. It is established that this should be done by creating post- it- note planes[10]. These plans describe when BIM-models should reach different maturity levels in the geographical zones. To adapt patch plans to the recommendation about combinational sectioning and delivery list there must be some structural changes. Milestones on geographical zones alone are not suited for maturity monitoring because technical systems are spread over these zones, and the technical systems should also be developed according to maturity levels. Patch plans should therefore be created with superior milestones for systems, while it is given more detailed milestones for each discipline model in the underlying systems. Zones could be declared as completed when every system in a zone has reached MMI 380 – Design completed.

Progression were managed in weekly design meetings by the designer's declaration of task completion and maturity development. This was not coordinated against any MMI-related milestones – due to shortcomings in scheduling. This practice was not in accordance to the recommendation of Styrvold et al. [10], and it led to unfavorable design outcomes. The lack of managerial control on maturity declaration was a weakness. Also, the fact that wrongly declared maturity were not edited and that there was no re-planning when percent completed was low was a weakness. MMI should be used to spread maturity development out in time, so that the model maturity does not go from MMI100 to MMI380 in one phase. This would give controllable milestones for zones, systems and models which could be followed. Delivery lists could create measurable plans for maturity

development, and managers can use Belsvik et al. [31] strategy to calculate the percent completeness of the maturity index for each single model. The design manager can then adapt PDCA and use percent completeness or unachieved milestones to uncover the need of re-planning.

Since combinational sectioning is not tested, there is a need for future studies on how usage of this effects planning and control of MMI. It should also be conducted studies on how communication is done between MMI300 and MMI350, and descriptions of complexity can be integrated in the standardized MMI framework.

References

- [1] O. Lædre, K. Austeng, T. I. Haugen, and O. J. Klakegg. (2006) "Procurement Routes in Public Building and Construction Projects." *Journal of construction engineering and management* **132** (7): 689–696.
- [2] K. F. Samset. (2014) *Prosjekt i tidligfasen: valg av konsept*, 2. utg. Bergen: Fagbokforlag.
- [3] Olsen, A, S. Metier, O. Jermstad, and L. S. Eriksen. (2013) "PROBY." Accessed: Nov. 26, 2020. Available: <http://v1.prosjektnorge.no/index.php?subsite=prosjekteringsportalen&pageId=360>
- [4] S. Emmit and K. Ruikar. (2013) "Collaborative design management." *Taylor and Francis*.
- [5] V. Knotten, F. Svaldstuen, G. K. Hansen, and O. Lædre. (2015) "Design Management in the Building Process - A Review of Current Literature." *Procedia Economics and Finance* **21** 120-127.
- [6] H. Abou-Ibrahim and F. Hamzeh. (2017) "Design Management: Metrics and Visual Tools." *IGLC 2016* 465-473.
- [7] A. Nøklebye, O. Lædre, F. Svaldstuen, and R. Fosse. (2018) "Enabling Lean Design with Management of Model Maturity." *IGLC 2018* 79-89.
- [8] F. Svaldstuen, V. Knotten, O. Lædre, and J. Lohne. (2018) "Planning the building design process according to Level of Development." *Lean Construction Journal* 16-18.
- [9] H. W. Fløisbonn, G. Skeie, B. Uppstad, B. Markussen, and S. Sunesen. (2018) "MMI – Modell Modenhets Indeks."
- [10] M. Styrvold, V. Knotten, and O. Lædre. (2019) "Planning the BIM process in AEC projects." *IGLC 2019* 557-538.
- [11] G. Garcia, M. Golparvar-Fard, J. M. De la Garza, and M. Fischer. (2018) "Model Maturity Risk Index Framework for Tracking Progress in Model-Based Engineering." *Construction Research Congress 2018* 42–52.
- [12] H. Arksey and L. O'Malley. (2006) "Scoping studies: towards a methodological framework." *International Journal of Social Research Methodology* **8** (1) 19-32.
- [13] R. K. Yin. (2014) "Case study research: design and methods." 5th ed. Los Angeles, Calif: SAGE.
- [14] M. Saunders, P. Lewis, and A. Thornhill. (2009) "Reserch methods for business students." 7th ed. Pearson.
- [15] T. Bølviken, B. Gullbrekken, and K. Nyseth. (2010) "Collaborative Design Management." *IGLC 2010* 103–112.
- [16] B. Kalsaas and R. Sacks. (2011) "Conceptualization of interdependency and coordination between construction tasks." *IGLC 2011* 35–45. [17] R. Sebastian. (2007) *Managing Collaborative Design*. Eburon Uitgeverij B.V.
- [18] F. Svaldstuen, V. Knotten, O. Lædre, F. Drevland, and J. Lohne. (2017) "Using Building Information Model (BIM) Devices to improve information flor and collaboration on construction sites." *Journal of Information Technology in Construction* **22** 219.
- [19] H. Abou-Ibrahim and F. Hamzeh. (2016) "Enabling lean design management: An LOD based framework." *Lean Construction Journal*, 12–24.
- [20] M. Tauriainen, P. Marttinen, D. Bhargav, and L. Koskela. (2016) "The effects of BIM and lean construction on design management practices." *Procedia Engineering* **164** 567-574.
- [21] G. T. Haugan. (2002) "Effective work breakdown structures." 1st edition. Vienna, Virginia: Management Concepts.
- [22] J. Geraldi and T. Lechter. (2012) "Gantt charts revisited." *International journal of managing projects in business* **5** (4) 578–594.
- [23] S. Austin, A. Baldwin, B. Li, and P. Waskett. (2000) "Analytical design planning technique (ADePT): a dependency structure matrix tool to schedule the building design process." *Construction Management and Economics* **18** (2) 173–182.
- [24] G. Ballard. (2000) "The Last Planner System of Production Control." *Ph.D thesis University of Birmingham*.
- [25] R. Fosse and G. Ballard. (2016) "Lean Design Management In Practice With The Last Planner System." *IGLC 2016* 33–42.
- [26] J. Kunz and M. Fischer. (2020) "Virtual design and construction." *Construction management and economics* **38** (4) 355–363.
- [27] E. Eray, C. T. Haas, D. Rayside, and M. Golparvar-Fard. (2018). "A Conceptual Framework for Tracking Design Completeness of the Track Line Discipline in Mass Rapid Transit Projects." *ISARC Proceedings*, 252–258.
- [28] M. Hooper. (2015) "Automated model progression scheduling using level of development." *Construction innovation*, **15** 428–448.
- [29] Statsbygg (2020) "SIMBA - Statsbyggs BIM-krav - SIMBA 1.3." <https://sites.google.com/view/simba-bim-krav/simba-1-3> (accessed Mar. 10, 2021).
- [30] Ø. Mejlænder-Larsen. (2019) "A three-step process for reporting progress in detail engineering using BIM, based on experiences from oil and gas projects." *Engineering, Construction and Architectural Management* **26** (4) 648–667.
- [31] M. R. Belsvik, O. Lædre, and E. Hjelseth. (2019) "Metrics in VDC Projects." *IGLC 2019* 1129–1140.

Del 3 - Vedlegg

Vedlegg 1: Intervjuguide. s. v2

Vedlegg 2: Observasjonsskjema. s. v8

Vedlegg 3: Statsbyggs modenhetsnivåer. s. v9

Vedlegg 4: Leveranseliste RIVA. s. v10

Vedlegg 5: Intern fremdriftsplan. s. v11

Vedlegg 6: Flytskjema. s. v12

Vedlegg 7: Forstudierapport. s. v13

Vedlegg 1: Intervjuguide

Prosjektering med BIM – Systematisering og kontroll ved bruk av Modell Modenhets Indeks



Informasjon om intervjuer:

Mitt navn er Ulrik Hansen og jeg går en 2-årig master ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU. Spesialiseringen min er innenfor prosjektledelse, og i denne anledning skal jeg skrive avsluttende masteroppgave ved mine studier.

Jeg har siden sommeren 2017 hatt sommer- og deltidsjobb hos Øksnes Entreprenør. Jeg har arbeidet med 3D-modellering og konseptutvikling av leilighetsbygg. Nå har jeg deltidsjobb som omhandler håndtering av BIM for prosjekteringsledere på caseprosjekt. Dette intervjuet er i regi av meg som student, og ikke arbeidstaker hos Øksnes Entreprenør. Resultater fra intervjuer benyttes i forskningsøyemed.

Informasjon om studiet:

Jeg har i en lengre periode etterlenget en metode for systematisering og kontrollering av fremdrift til

BIM-modeller. I kurset TBA4127 – Prosjekteringsledelse ved NTNU ble det forelest om Modell Modenhets Indeks (MMI). Dette fengte min oppmerksomhet, og jeg ønsker å studere hvordan MMI kan påvirke prosjekteringsprosessen.

Jeg har vært med å implementere MMI på et leilighetsprosjekt hos Øksnes Entreprenør, og jeg skal på dette prosjektet undersøke hvilke erfaringer de ulike aktørene i prosjekteringsprosessen har angående MMI. Målet med studiet er å se på 1) Hvordan kan en anvende MMI, 2) Hvilke styrker og svakheter det er ved denne anvendelsen og 3) Hvordan MMI burde benyttes. Gjennom disse spørsmålene har jeg ønske om å besvare et kunnskapsgap om hvordan MMI kan påvirke prosjekteringsprosessen.

Ulrik Hansen 08.03.2021

For spørsmål om intervju og rapport kan jeg kontaktes via:

Mobil: 48184907

Studentmail: ulrikha@ntnu.no

Innledning:

- Presentere hvem jeg er.
 - o Forklare min rolle hos ØE.
 - o Forklare min rolle som student.
- Si hva formålet med intervjuet er.
 - o Henviser til informasjon om studiet.
- Forklar hva det vil si å være deltagende i intervju.
 - o Er med på metodeutvikling i bransjen. o Bidrar til å utvikle MMI som metode.
 - o Tilegner seg kunnskap om en ny metode.
 - o Dette er en metode som i senere tid kan sikre prosjekter.
- Informere om hvordan intervjuet blir gjennomført og om intervjupersons rettigheter.
 - o Rettigheter er:
 - Intervjuperson kan trekke seg fra intervjuet.
 - Intervjuperson kan i ettertid be om å trekke sitt intervju.
 - Intervjuperson kan, ved ønske, holdes anonym.
 - Meddele at opptak av intervju blir gjennomført.
 - Intervjuperson vil mota referat av intervju i etterkant av informasjon som vil brukes. Dette skal intervjuperson ha mulighet til å godkjenne/underkjenne.

Introduksjonsspørsmål:

- Be intervjuperson informere om hvem vedkommende er.
- Be intervjuperson forklare sin rolle i prosjektet.

Overgangsspørsmål:

- Høre med personen om tidlige erfaringer med MMI?
- Høre med person om hvorfor MMI blir benyttet i prosjektet?
 - o Når i konseptutviklingen ble dette planlagt? Hvilket problem håper dem å løse med MMI?

Hoveddel:

1. Forberedelser for å benytte MMI

I dette avsnittet ønsker intervjuer informasjon om hvordan forberedelsene til bruk av MMI er i prosjektet. Med dette menes det hvordan ulike aktører er blitt informert om bruken av metoden, hvordan metoden er forankret og om det har vært behov for opplæring. Derfor er det fint om intervjuperson kan fortelle fritt om erfaringene knyttet til dette.

- Involvering av prosjekterende og UE:
 - o Når involveres prosjekterende i prosjektet? o Når involveres UE i prosjektet?
 - o Når introduseres aktørene for benyttelse av MMI? o Hva påvirker tidspunkt for involvering av rådgivere?
 - o Hva påvirker tidspunkt for involvering av UE? o Hvordan er møtesyklusen i prosjektet?
 - o Har du noen formening om hvordan en kan forbedre involvering av prosjekterende?

- Forankring av MMI i prosjektet o Hvordan forankres bruken av MMI i prosjektet? o Hvem avgjør om det benyttes eller ikke? o Hva er dine erfaringer om hvordan rådgivere forplikter seg til MMI?
 - o Har du noen formening om hvordan en bedre kan forankre MMI i prosjektet?

- Opplæring av prosjekterende o Hvordan ble opplæring gjennomført?
 - o Har prosjekterende gitt tilbakemelding på opplæring?
 - o Har du noen formening om hvordan opplæring burde gjennomføres på fremtidige prosjekter?

2. Modenhetsnivåer:

I dette avsnittet ønsker intervjuer å vite mer om prosjektet modenhetsnivåer. Det er fint om intervjuperson kan fortelle om hvilke modenhetsnivåer som er anvendt og hvordan modenhetsnivåene er beskrevet.

- Prosjektets modenhetsnivåer:
 - o Hvem har valgt hvilke modenhetsnivåer som benyttes på prosjektet?
 - o Hvorfor ble denne nivåinndelingen valgt?
 - o Opplever dere inndelingen av modenhetsnivåer som tilstrekkelig?
 - o Har du noen formening om hva som kan forbedre inndelingen av modenhetsnivåer?

- Beskrivelse av modenhetsnivåer:
 - o Hvem beskriver modenhetsnivåene?
 - o Hvorfor ble denne modenhetsbeskrivelsen akseptert?
 - o Opplever dere beskrivelsene som tilstrekkelige?
 - o Har du noen formening om hvordan modenhetsbeskrivelse kan forbedres?

3. Soneinndeling:

I dette avsnittet ønsker intervjuer informasjon om soneinndelingen på prosjektet. Her er det fint om intervjuerperson kan forklare seg fritt om hvilken soneinndeling som benyttes og forklare hvordan modenheten for soner beskrives.

- Prosjektets soneinndeling:
 - o Hvordan er soneinndelingen på prosjektet?
 - o Hvem valgte soneinndelingen? o Hvorfor er denne soneinndelingen valgt? o Opplever dere soneinndelingen som tilstrekkelig?
 - o Har du noen formening om hva som kan forbedre soneinndelingen?

- Beskrivelse av modenhet for soner:
 - o Hvem beskriver modenheten til sonene? o Hvorfor beskrives modenheten på denne måten?
 - o Opplever du beskrivelsen av modenhet for sonene som tilstrekkelig?
 - o Har du noen formening om hvordan modenhetsbeskrivelsene for sonene kan forbedres?

- Planlegging av rekkefølge for sonene:
 - o Hvem definerer rekkefølgen på sonene?
 - o Hvorfor velges denne rekkefølgen? o Opplever du rekkefølgen som tilstrekkelig? o Har du noen formening om hvordan rekkefølgen kan forbedres?

4. Prosjekteringsleveranser

I dette avsnittet ønsker intervjuer informasjon om prosjekteringsleveranser. Med prosjekteringsleveranser menes de leveransene som prosjekterende leverer innenfor hver sone. Her er det fint om intervjuerperson forteller fritt om prosjektleveransene i sonene og hvordan leveransene vurderes mot modenhetsnivåene.

- Prosjekteringsleveranser i sonene:
 - o Hvem utarbeider prosjekteringsleveransene til prosjektet?
 - o Hvordan defineres prosjekteringsleveransene? o Hvordan avdekkes prosjekteringsbehovene?
 - o Blir prosjekteringsleveransene kartlagt sammen med prosjekterende?
 - o Hvordan følges de opp?
 - o Opplever du punktene som nok detaljerte?
 - o Har du noen formening om hva som kan forbedre prosjekteringsleveransene?

- Beskrivelser av modenhetsnivå på prosjekteringsleveranser?
 - o Hvordan beskrives modenhetsnivået på prosjekteringsleveranser? o Hvem kontrollerer beskrivelsene? o Opplever dere at prosjekterende følger beskrivelsene? o Har du noen formening om hva som kan forbedre

beskrivelsene? □ Planlegging av rekkefølgen for prosjekteringsleveransene:

- o Hvilken strategi benyttes i planlegging av prosjekteringsrekkefølge?
- o Hvem bestemmer rekkefølgen på prosjekteringsleveransene? o Involveres rådgivere i denne planleggingen?
- o Har du noen formening om hvordan en kan forbedre planleggingen av prosjekteringsrekkefølge?

5. Fremdrift

I dette avsnittet ønsker intervjuer informasjon om hvordan fremdriften i prosjektering er planlagt. Her er det fint om intervjuerperson snakker fritt om hvilke strategi som er benyttet og hvem som er involverte i denne prosessen.

□ Fremdriftsplanlegging:

- o Hvilken strategi benyttes i fremdriftsplanlegging?
- o Involveres rådgivende?
- o Involveres UE?
- o Hvordan vises modenhetsnivåer i fremdriftsplanen? o Hvordan vises soneinndelingen i fremdriftsplanen? o Er det utydigheter i fremdriftsplanen?
- o Har du noen formening om hva som kan forbedre fremdriftsplanlegging?

6. Oppfølging

I dette avsnittet ønsker intervjuer informasjon om hvordan oppfølging av modenhetsnivå for prosjekteringsleveranser, soner og fremdrift er på prosjektet. Det er fint om intervjuerperson kan fortelle fritt om punktene.

- Oppfølging av modenhetsnivå for prosjekteringsleveranser:
 - o Hvordan kontrollerer dere prosjekteringsleveransene opp mot beskrivelser av modenhetsnivå?
 - o Angir prosjekterende hvilket MMI-nivå det er på prosjektet? o Har dere intern kontroll på levert prosjekteringsleveranser?
 - o Opplever du at kontroll av modenhetsnivåer er gjennomført på en tilstrekkelig måte?
 - o Har du noen formening om hva som kan forbedre kontrollen?
- Oppfølging av soner:
 - o Hvordan kontrollerer dere utvikling av modenheten til sonene? o Hvem angir MMI-nivå for sonen?
 - o Opplever du at kontroll av modenhetsnivåer er gjennomført på en tilstrekkelig måte?
 - o Har du noen formening om hva som kan forbedre kontrollen?
- Oppfølging av fremdrift:
 - o Hvordan kontrolleres fremdrift i prosjekteringen?
 - o Opplever du at fremdriftsplanen opprettholdes i prosjekteringen?

- o Opprettholder prosjekterende avtalte frister?
- o Er der buffertid i prosjekteringen?
- o Har dere mulighet til å replanlegge fremdriftsplanen? o Har du noen formening om hva som kan forbedre oppfølgingen?

Avslutning

- Informere om at alle tenkte spørsmål er stilt.
- Spørre intervjuperson om hen mener det er noe som burde utdypes.
- Si til intervjuperson hvis det er noe jeg mener er litt utydelig.
- Høre med intervjuperson om jeg kan kontakte vedkommende ved en senere anledning for ekstra spørsmål.
- Takk for intervju.

Vedlegg 2: Observasjonsskjema

Observasjonsskjema for masteroppgave

Tema:

Dato:

Møteplattform:

Deltagere:

<i>Datatype:</i>	<i>Beskrivelse og kommentarer:</i>
Primærobservasjoner:	
Forankring	
Modenhetsnivå	
Soner	
Prosjekteringsleveranser	
Fremdriftsplanlegging	
Oppfølging	
Sekundærdata:	
Forankring	
Modenhetsnivå	
Soner	
Prosjekteringsleveranser	
Fremdriftsplanlegging	
Oppfølging	
Erfaringsdata:	
Forankring	
Modenhetsnivå	
Soner	
Prosjekteringsleveranser	
Fremdriftsplanlegging	
Oppfølging	
Kontekstuell data:	
Forankring	
Modenhetsnivå	
Soner	
Prosjekteringsleveranser	
Fremdriftsplanlegging	
Oppfølging	

Vedlegg 3

Tabell B.1 – Eksempel på MMI-koder og deres betydning.

MMI-kode	Beskrivelse
MMI100	Etablert
MMI200	Konsept
MMI300	Klar for tverrfaglig kontroll - Geometri
<i>MMI320</i>	<i>Geometri låst.</i>
<i>MMI340</i>	<i>Klar for tverrfaglig kontroll – Geometri og informasjon.</i>

GODKJENT DATO 29.01.2021

GODKJENT AV

Anders Fylling

SAKSNR

direktør faglig ressurscenter

REVISJONSNR 0

FAG- OG METODEANSVARLIG

FP



STATSBYGG

18 AV 21

SIMBA – STATSBYGG'S BIM-KRAV 1.3

Dokumenttype
YTELSESBESKRIVELSE OG VEILEDNING

MMI350	Godkjent tverrfaglig kontroll
<i>MMI380</i>	<i>Objektet er ferdig prosjektert.</i>
MMI400	Godkjent for anbud/innkjøp
<i>MMI420</i>	<i>Innkjøpt.</i>
<i>MMI440</i>	<i>Klar for kontroll produksjonsunderlag.</i>
MMI450	Produksjonsunderlag (godkjent for produksjon)
<i>MMI460</i>	<i>Objektet er bygget og klar for som-bygget kontroll</i>
<i>MMI470</i>	<i>Godkjent Som-bygget kontroll</i>
<i>MMI480</i>	<i>Klar for overdragelse til byggherre</i>
MMI500	Overdratt byggherre
<i>MMI520</i>	<i>Overdratt forvaltning og drift</i>

Vedlegg 3: Statsbyggs modenhetsnivåer

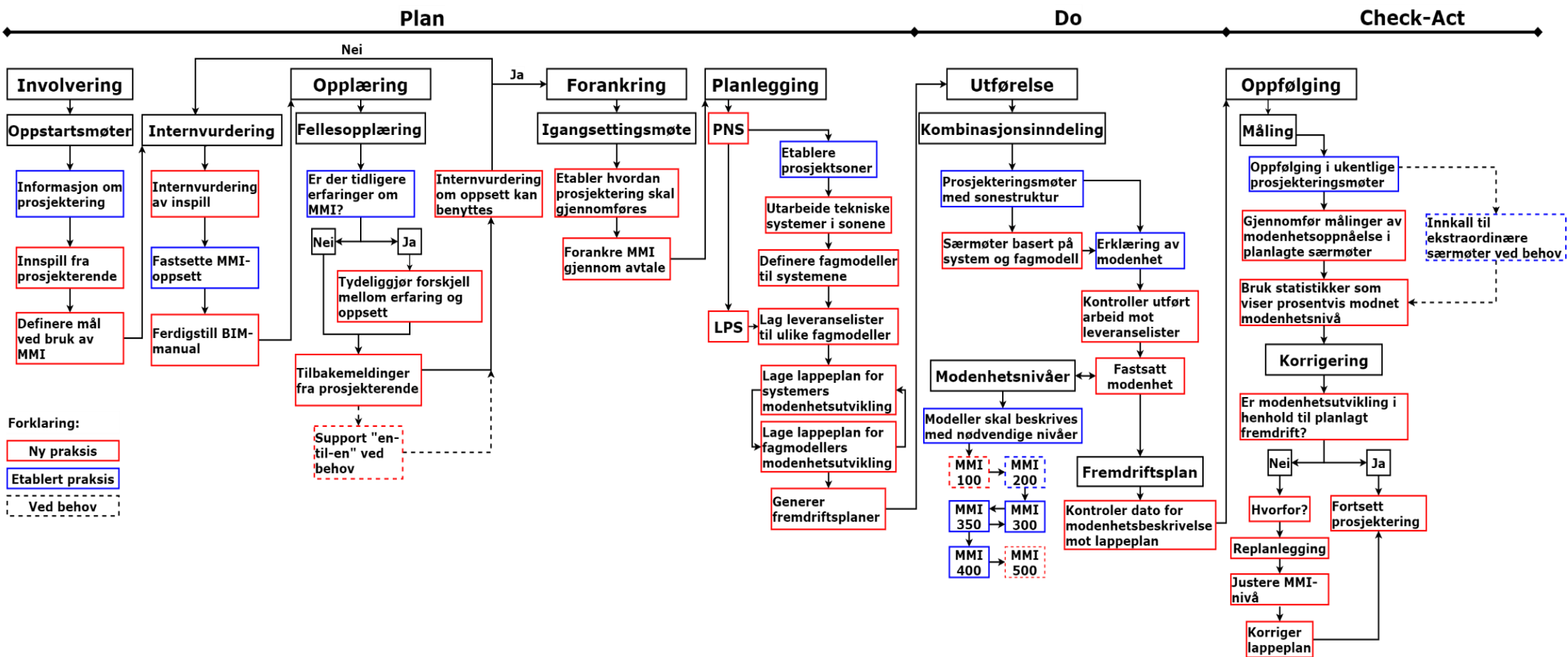
Vedlegg 4: Leveranseliste RIVA

MMI200	MMI300	MMI350	MMI400
Påkoblingspunkt mot kommunalt	Sprinkel / ikke sprinkel	Bygget må være ferdig plassert. Høyder er fastsatt på alle gulv/dekker	
	Info fra LARK om konsept for overvannsløsninger. Hvor er det tenkt sluk. Hvor mye vann skal fordrøyes, hvor mye skal rett i rør	Byggets fundamentering er fastsatt	
Kartgrunnlag	Behov for brannvann. Brannkonsulent	Vannbehov for forbruksvann er fastsatt fra VVS	
Høydegrunnlag	Overordnet overvannsplan med fall for overvann og håndtering av dette må foreligge fra LARK.	Type Sprinkel og vannbehov er fastsatt fra VVS	
Oversikt kabler etc i grunn	Plassering / fall / høyder vei. Foreløpig flater XML fra vei, LARK/ARK	Info om dimensjoner på bunnledninger i bygg fra VVS.	
Plassering bygg		Høyder på bunnledninger er fastsatt	
Kjeller/ikke kjeller. Info om kote for bunnplate	Avklaring mot kommunen og evt krav til løsninger/ samordning med andre prosjekt	Behov for brannvann er endelig avklart med brannkonsulent.	
Eventuelle grunnundersøkelser oversendes	Prosjekterende av fjernvarme gir innspill på ledningsdimensjoner og krav til grøft	Plassering av brannkummer/hydranter er endelig avklart med brannkonsulent	
	Resultat fra eventuelle grunnundersøkelser oversendes	Landskapsplan er fastsatt med høyder. Apparater/søppeldunker, etc plassert ferdig der det skal være. Landskapsplan bør eksporteres til XML.	
	Avklaring om overvann. Hvor mye kan slippes inn på kommunalt.	Åpne grøft.er og plassering av sluk er fastsatt i landskapsplan med høyder	
	Konstruksjoner utenomhus som murer, kantstein foreligger.	Høyder på landskap med veier etc er fastsatt	
	Avklaring om samordning med fjernvarme, Skal dette med i grøfta? Skal vi tegne grøfta?	Avklaring mot naboer med for eksempel grøfter, stikkrenner er i orden.	
	Info om EL og avt samordning av grøft. Foreløpig plan for kabelgrøft	Fjernvarmetrase er fastsatt	
	Fjernvarme. Innspill fra PRO på ønsker om leggedybde/avstand til VA.	Utenomhusplan med kantstein er fastsatt	
		Flater vei/pparkering etc. Endelig avklart. Eksporteres til XML	
		Kabelgrøfter er ferdig prosjektert. Kontrolleres for konflikt/samordning med VA	
		Fjernvarme. Dimensjoner og grøft er prosjektert ferdig fra PRO fjernvarme.	
		Plassering av utløp for takvann er bestemt og plassert av VVS	
TID:			
2 uker	2 uker	1 uke	1 uke

Vedlegg 5: Intern fremdriftsplan

Plan		Detaljert fremdriftsplan Prosjektering												MMI200 - Ferdig Konsept																											
Revisjon	1	2	3											MMI300 - Tverrfaglig kontroll																											
Dato	22.01.2021	28.01.2021	02.02.2021											MMI350 - Tverrfaglig kontroll utført																											
Navn	BH	BH	BH											MMI400 - Produksjonsunderlag																											
Måned		Januar						Februar						Mars																											
Uke		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13																	
Dag		m	t	o	t	f	m	t	o	t	f	m	t	o	t	f	m	t	o	t	f	m	t	o	t	f															
Dato		11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	1	2
Sone	Punkt	Ansvar																																							
3 - Bygg A og C	Arkitektf8	Klausgr	[Gantt bar: Jan 11-15 (Yellow), Jan 18-22 (Yellow), Feb 1-5 (Yellow), Feb 8-12 (Green), Feb 15-19 (Green), Feb 22-26 (Green), Mar 1-5 (Green)]																																						
	Bæresystem	Klausgr	[Gantt bar: Jan 11-15 (Red), Jan 18-22 (Yellow), Jan 25-29 (Green), Feb 1-5 (Green)]																																						
	Bærevegg - IV og IV	Klausgr	[Gantt bar: Jan 11-15 (Red), Jan 18-22 (Yellow), Feb 1-5 (Green), Feb 8-12 (Green), Feb 15-19 (Green), Feb 22-26 (Green), Mar 1-5 (Green)]																																						
	R/Vv	Fløtt	[Gantt bar: Jan 18-22 (Red), Jan 25-29 (Red), Feb 1-5 (Yellow), Feb 8-12 (Green), Feb 15-19 (Green)]																																						
	R/Vv - Rgr I Bærevegg	Svendsen Rør	[Gantt bar: Jan 11-15 (Red), Jan 18-22 (Red), Jan 25-29 (Red), Feb 1-5 (Yellow), Feb 8-12 (Green), Feb 15-19 (Green)]																																						
	El - Bærevegg	El-team	[Gantt bar: Jan 11-15 (Red), Jan 18-22 (Red), Jan 25-29 (Red), Feb 1-5 (Yellow), Feb 8-12 (Green), Feb 15-19 (Green)]																																						
	Byggningsfysikk	Sweco	[Gantt bar: Jan 11 (Red), Jan 18 (Yellow), Jan 25 (Green)]																																						
	Dekke	Klausgr	[Gantt bar: Jan 11-15 (Red), Jan 18-22 (Yellow), Jan 25-29 (Green), Feb 1-5 (Green), Mar 1 (Green), Mar 8 (Green)]																																						
	R/Vv - Varm I gulv	Svendsen Rør	[Gantt bar: Jan 11-15 (Red), Jan 18-22 (Yellow), Jan 25-29 (Green), Feb 1-5 (Green), Mar 1 (Green), Mar 8 (Green)]																																						
	El - Gulv	El-team	[Gantt bar: Jan 11-15 (Red), Jan 18-22 (Yellow), Jan 25-29 (Green), Feb 1-5 (Green), Mar 1 (Green), Mar 8 (Green)]																																						
	Byggningsfysikk - Dekker	Sweco	[Gantt bar: Jan 11 (Red), Jan 18 (Yellow), Jan 25 (Green)]																																						
	Lettvegg	Klausgr og Odin	[Gantt bar: Jan 11-15 (Red), Jan 18-22 (Yellow), Jan 25-29 (Green), Feb 1-5 (Green), Feb 8-12 (Green), Feb 15-19 (Green), Feb 22-26 (Green), Mar 1-5 (Green)]																																						
	R/Vv - Varm I lettvegg	Svendsen Rør	[Gantt bar: Jan 11-15 (Red), Jan 18-22 (Yellow), Jan 25-29 (Green), Feb 1-5 (Green), Feb 8-12 (Green), Feb 15-19 (Green), Feb 22-26 (Green), Mar 1 (Green), Mar 8 (Green)]																																						
	El - Lettvegg	El-team	[Gantt bar: Jan 11-15 (Red), Jan 18-22 (Yellow), Jan 25-29 (Green), Feb 1-5 (Green), Feb 8-12 (Green), Feb 15-19 (Green), Feb 22-26 (Green), Mar 1 (Green), Mar 8 (Green)]																																						
	R/Vv - Lettvegg	Fløtt	[Gantt bar: Jan 18-22 (Red), Jan 25-29 (Red), Feb 1-5 (Yellow), Feb 8-12 (Green), Feb 15-19 (Green)]																																						

Vedlegg 6: Intern fremdriftsplan



Vedlegg 7: Forstudierapport

Prosjektoppgave

TBA4531 Prosjektledeelse,
fordypningsprosjekt

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for Ingeniørvitenskap

Institutt for bygg- og miljøteknikk

Ulrik Hansen

Modell Modenhets Indeks

Systematisering og kontroll i BIM-basert prosjektering

Trondheim, 20.12.2020

Forord

Prosjektoppgaven er gjennomført i emnet TBA4531 Prosjektledelse, fordypningsprosjekt og er en forstudierapport til avsluttende masteravhandling ved NTNU. I dette arbeidet har jeg hatt ønske om å fordype meg i prosjekteringsledelse og BIM-basert prosjektering.

Jeg vil takke veiledere ved NTNU, Ola Lædre og Vegard Knotten, for tett oppfølging og gode dialoger om rapportens innhold og tematikk. Jeg ønsker også å rette en takk til Øksnes Entreprenør som har vært villig til å benytte en ny metode i prosjekteringen. Dette har gitt meg mulighet til å studere det jeg finner mest spennende i en bransje i utvikling.

Sammendrag

En trend blant byggherrer er at flere velger totalentreprise som entreprisekontrakt. Dette medfører økte krav til entreprenørens kompetanse innen prosjekteringsledelse. Avgjørelser i prosjekteringsprosessen har innflytelse på byggeprosjekters vellykkethet da prosjekteringen legger grunnlaget for kostnadsutviklingen i byggets livsløp. Det at byggenæringen gjennomgår en teknologisk utvikling medfører at det kan være lurt å tenke nytt i prosjekteringen. Bygningsinformasjonsmodeller (BIM) gir prosjekteringen behov for nye kontrollmetoder. Tidligere kontroll, ved måling av modenhetsutvikling av modell, viser seg å være for komplekse og for lite anvendbare. I 2018 presenterte et utvalg fra norsk byggenæring metoden Modell Modenhets Indeks (MMI). Det er gjennomført få undersøkelser om bruken av MMI og det vil derfor være interessant å se hva denne metoden kan gi prosjekteringsprosessen. Rapporten ser nærmere på dette ved å svare på følgende forskningsspørsmål:

1. Hvordan benyttes MMI av entreprenør?

2. Hvilke styrker og svakheter er det ved entreprenørs bruk av MMI?

For å besvare forskningsspørsmålene er det innhentet teori gjennom litteraturstudie og resultater gjennom et casestudium. I casestudiet er det gjennomført intervju, direkte observasjoner og dokumentstudier.

Funn knyttet til entreprenørs bruk av MMI viser at de i stor grad baserer seg på MMI-rammeverket beskrevet av Fløisbonn et al. (2018). Entreprenør har definert en tydelig inndeling av modenhetsnivåene som benyttes for å kontrollere modenhetsutvikling. I tillegg er prosjektet delt inn i soner for en mer segmentert planlegging av prosjekteringen. Det er utviklet planer for hvordan beskrivelse av prosjekteringsleveranser skal utarbeides. Samlet skal dette gi mulighet for en mer detaljert planlegging og oppfølging av prosjekteringsprosessen

Resultatet viser at bruken av MMI har en jevn fordeling av styrker og svakheter. Den mest fremtredende styrken er at entreprenør har tatt i bruk terminologi i prosjekteringen. Dette har forenklet kontroll av modellutviklingen. Den mest fremtredende svakheten er at det rammeverket ikke får utnyttet sitt potensiale innenfor langsiktig fremdriftsplanlegging og oppfølging.

Innhold

Tabelliste	v
Figurliste.....	v
1. Introduksjon.....	1
1.1. Bakgrunn for oppgaven.....	1
1.2. Formål og forskningsspørsmål	1
1.3. Avgrensning.....	2
2. Metode.....	3
2.1. Forskningsmetoder.....	3
2.2. Valg av metode	4
2.3. Litteraturstudiet.....	5
2.3.1. Litteratursøk	5
2.3.2. Bruk av litteratur.....	7
2.4. Casestudiet.....	8
2.4.1. Intervjuer	9
2.4.2. Observasjoner	10
2.4.3. Dokumentstudiet.....	11
3. Teori.....	12
3.1. Prosjekteringsprosessen	12
3.1.1. Avhengigheter i prosjekteringsprosessen.....	13
3.1.2. Prosjekteringsledelse.....	14
3.1.3. Fremdriftsplanlegging.....	15
3.1.4. Oppfølging av fremdriftsplan	17
3.1.5. Oppsummering av prosjekteringsprosessen	17
3.2. BIM.....	18
3.2.1. Samprosjektering	18
3.2.2. Kommunikasjon.....	19
3.2.3. Fremdriftsplanlegging og oppfølging	19
3.2.4. Oppsummering av BIM.....	19
3.3. Modenhetsutvikling av BIM.....	20
3.3.1. Level of Development.....	20
3.3.2. Modell Modenhets Indeks	22
3.3.3. Oppsummering av modenhetsutvikling	26
3.4. Kunnskapsgap.....	26

4.	Resultat.....	27
4.1.	Forberedelser til bruk av MMI	27
4.1.1.	Entreprenør forberedelser.....	27
4.1.2.	Styrker og svakheter med planlegging.....	28
4.2.	Bruk av MMI.....	29
4.2.1.	Entreprenørs bruk	29
4.2.2.	Styrker og svakheter ved bruk.....	31
4.3.	Oppfølging av MMI.....	34
4.3.1.	Entreprenørs oppfølging.....	34
4.3.2.	Styrker og svakheter med oppfølging	35
5.	Diskusjon.....	36
5.1.	Forberedelser til bruk av MMI	36
5.1.1.	Entreprenørs forberedelser	36
5.1.2.	Styrker og svakheter med planlegging.....	37
5.2.	Bruk av MMI.....	38
5.2.1.	Entreprenørs bruk	38
5.2.2.	Styrker og svakheter ved bruk.....	40
5.3.	Oppfølging av MMI.....	44
5.3.1.	Entreprenørs oppfølging.....	44
5.3.2.	Styrker og svakheter ved oppfølging	45
6.	Konklusjon	46
6.1.	Hvordan entreprenør benytter MMI.....	46
6.2.	Styrker og svakheter med entreprenørs bruk av MMI	47
6.3.	Videre arbeider	48
	Referanseliste.....	50
	Vedlegg	53

Tabelliste

Tabell 2-1: Litteratursøk.....	6
Tabell 3-1: Eksempel Prosjekteringsleveranser (Basert på Fløisbonn et al., 2018)	24
Tabell 4-1: Mottakelse av prosjekteringsleveranser	33

Figurliste

Figur 2-1: Validitet gjennom metodetriangulering	4
Figur 2-2: Informasjonsuthenting fra litteratur	7
Figur 3-1: Faser i byggeprosessen (Basert på Eikeland, 1998)	12
Figur 3-2: Usikkerhet- og kostnadsforløp for prosjekter (Basert på Eikeland, 1998)	13
Figur 3-3: Gruppeoppgavers kompleksitet (Knotten et al. 2015).....	14
Figur 3-4: Prosjektnedbrytningsstruktur (Basert på Rolstadås, 2020).....	15
Figur 3-5: Avhengighetstyper (Basert på Hussein, 2016).....	16
Figur 3-6: BIM-basert kommunikasjon og tradisjonell kommunikasjon (Basert på Chen, 2005)	18
Figur 3-7: Illustrasjon av LOD-nivåer (McPhee, 2013).....	21
Figur 3-8: MMI - nivåer (Basert på Fløisbonn et al., 2018).....	23
Figur 3-9: Lappeplan (Fløisbonn et al., 2018).....	25
Figur 4-1: BIM360-abonnentfunksjon	28
Figur 4-2: BIM360-epostvarsel	28
Figur 4-3: Liste for prosjekteringsleveranser fra RIVA.....	30
Figur 4-4: Prosjekteringsleveranser i prosjekthotell	30
Figur 4-5: Malfil MMI-lappeplan	31

1. Introduksjon

Dette kapittelet beskriver bakgrunnen for rapporten, dens aktualitet, formål og avgrensninger. Introduksjonen gir leseren en forklaring av temaets relevans og et innblikk i hva en kan forvente å lese.

1.1. Bakgrunn for oppgaven

Totalentrepriser er den ledende formen for kontraktstyper i dagens byggenæring. I 2015 var andelen totalentrepriser ca 45% av entreprisekontrakter i Norge (Engseth, 2015). Statsbygg og Statens Veivesen har uttalt at de satser tungt på prosjekter med totalentrepriser (Solberg, 2014; Statsbygg, 2018). Hvorfor dette er en trend kan skyldes at stadig flere byggherrer anser verdien av å slippe ansvar for prosjektering som høy. Ved å overlate styringen av prosjektet til entreprenører minskes byggherres risiko (Lædre, 2006). Det viser seg at ved ekstra prosjekteringsansvar velger entreprenører løsninger som er tilpasset produksjon. Dette minsker risiko og byggetid som reduserer kostnader.

For å påta seg ansvar for prosjektering burde entreprenører ha tilstrekkelig kompetanse. Det viser seg at byggherrer og entreprenører sliter med produktivitet i prosjekteringen (Metier et al., 2013). Dette tross en digitalisering og teknologisk utvikling gjennom innføring av BIM. Et problem ved BIM-basert prosjektering er at det ikke er noen offisielle standardiseringer for fremdriftsmåling og kontroll av BIM. Det finnes metoder for måling av modenhetsutvikling til BIM. En av metoden kalles for Modell Modenhets Indeks og denne rapporten skal se nærmere på hvordan MMI kan benyttes i prosjekteringsprosessen.

1.2. Formål og forskningsspørsmål

Formålet med rapporten er å se hvordan MMI brukes for å styrke entreprenørs kontroll over prosjekteringen. Målet med MMI er å få systematisert BIM-basert prosjektering når behovet for kommunikasjon øker. Prosjekteringsledere kan med MMI kontrollere at konsulenter ikke utfører arbeid før dem har tilstrekkelig kunnskap. Slik reduseres tidsbruk og ressurser ved at en minimerer svinn i prosjekteringsprosessen. Hvis teori stemmer skal MMI føre til en mer effektiv prosjektering enn tradisjonelle prosjekteringsmetoder.

For å kunne se hvordan MMI påvirker prosjekteringsprosessen er det valgt å se nærmere på følgende forskningsspørsmål:

1. **Hvordan benyttes MMI av entreprenør?**
2. **Hvilke styrker og svakheter er det i ved entreprenørs bruk av MMI?**

1.3. Avgrensning

For å begrense prosjektavhandlingens omfang er det gjort avgrensninger av forfatter.

- Oppgaven skal omhandle entreprenørs perspektiv på MMI, og vil dermed ikke ta for seg perspektiver fra rådgivere og byggherre.
- Oppgaven skal omhandle hvordan prosjektering kan effektiviseres ved bruk av MMI, og vil ikke ta stilling til temaer angående konseptutvikling eller produksjon.
- Oppgaven ser på hvordan totalentrepriser påvirker entreprenørens behov for kompetanse innenfor prosjekteringsledelse.
- Oppgaven avgrenses til å se på bruk av MMI i planlegging av leilighetsbygg.
- Oppgaven avgrenses til å se på MMI opp mot tradisjonell fremdriftsplanlegging.
- Oppgaven avgrenses til å ikke se MMI opp mot LEAN-prosjektering.

2. Metode

Dette kapitlet gir leseren innsikt i hvordan resultater er innhentet. Slik kan leser vurdere resultatets validitet og troverdighet. Forskning skal være etterprøvbar, og gjennom å presentere fremgangsmåte skal det være mulig for hvermann å gjennomføre en lignende undersøkelse. I dette kapitlet presenteres derfor bakgrunn for valg av metoder, teorier om metodene, hvordan metodene er utført, og hvilke fordeler og ulemper som har oppstått grunnet metodebruken.

2.1. Forskningsmetoder

Når forskningsspørsmål besvares gjennom vitenskapelig metode kan en benytte kvalitativ eller kvantitativ metoder (Andersen, 2019). Valg av metodisk tilnærming avhenger av problemstilling og forskningsspørsmål.

Kvalitativ forskningsmetode

Kvalitativ forskningsdesign benyttes der formålet med forskningsresultat er å tilegne seg dyptgående forståelse. Denne forståelsen innhentes gjennom å studere menneskers oppfatning av tema som forskes på (Andersen, 2019). Kvalitativ datainnsamling gir grunnlag for å besvare problemstillinger som er formulert som hvordan-, hvorfor- og hvilken-spørsmål (Andersen, 2019; Kvale og Brinkmann, 2017; Yin, 2018). For å innhente data til kvalitative studier gjennomføres det dyptgående intervjuer, observasjoner og dokumentstudier.

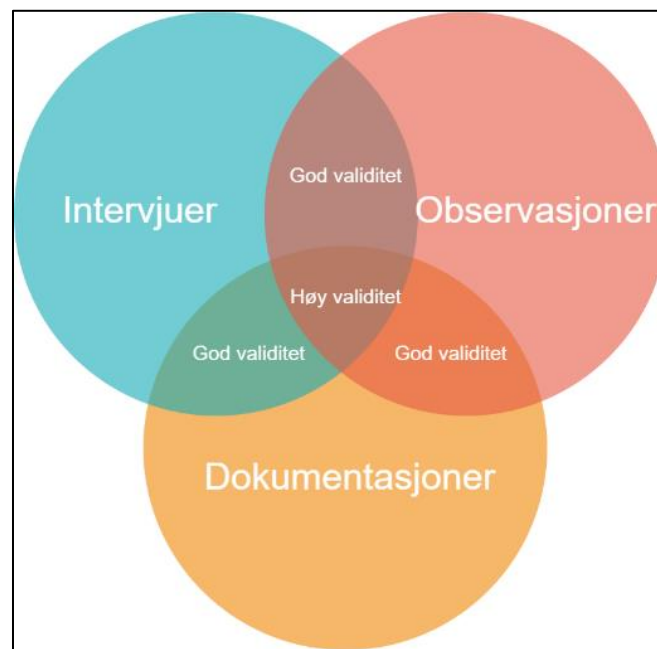
Kvantitativ forskningsmetode

I motsetning til kvalitativ forskning er kvantitativ forskning ofte bredere (Andersen, 2019). Kvantitative undersøkelser baserer seg på målbar og tallfestet data som knyttes mot beregninger og statistikk. Når en gjennomfører kvantitative undersøkelser er det fordi forsker er interessert i årsakssammenheng. Med dette menes det at korrelasjonen mellom to fenomener er interessant, men det som er viktig for forskere å avdekke er kausaliteten (Frøslie, 2019; Grønmo, 2018). Gjennom å avdekke kausalitet får en bekreftet at det er en sammenheng mellom fenomener. Data i kvantitative undersøkelser hentes ofte inn gjennom spørreundersøkelser og målinger (Andersen, 2019). En kan også benytte intervjuer, dokumentstudier og observasjoner som kvantitative data. Det som derimot skiller seg fra kvalitativ metode er mengden intervjuer, observasjoner og dokumentstudier som gjennomføres. Dette for å kvantifisere innhold slik at en kan verifisere funn statistisk.

2.2. Valg av metode

Denne rapporten benytter kvalitative metoder for innhenting av data. Dette skyldes at kvalitativ metode egner seg for å svare på forskningsspørsmålene. Rapporten skal gi en dypere forståelse innenfor et enkelttema som ikke lar seg kvantifisere. Det er enkeltpersoners erfaringer og tanker som vil vektlegges og dermed er ikke kvantitative metoder egnet for datainnsamling. Datainnsamling vil gjennomføres gjennom litteraturstudie, intervjuer, observasjoner og dokumentanalyser.

En utfordring med kvalitative metoder, som en unngår med kvantitativ metode, er etterprøvbarehet. Dette skyldes at intervjuer og observasjoner er utfordrende å gjennomføre likt på et senere tidspunkt (Kvale og Brinkmann, 2017; Saunders et al., 2009). For å minske utfordringen knyttet til validitet vil det benyttes metodetriangulering. Årsaken til at dette øker validiteten er at en kan få to – tre verifiseringer av funn (Denzin, 2006). Figur 2-1 illustrerer økning av validitet da de ulike metodene verifiserer hverandres funn.



Figur 2-1: Validitet gjennom metodetriangulering

2.3. Litteraturstudiet

For å innhente kilder til litteraturstudiet er det gjennomført et scoping litteratursøk. Scoping litteratursøk gir i løpet av kort tid oversikt over temaet en undersøker. Metoden kan benyttes i alenestående rapporter og i større studier med supplerende metoder (Arksey og O'Malley, 2006). Litteratursøket er gjennomført ved hjelp av 5.stegs rammeverket utviklet av Arksey & O'Malley (2006).

Snøballmetoden er benyttet for å innhente relevant litteratur fra resultatet av litteratursøket. Metoden går ut på å se hvilke kilder fremskaffet litteratur benytter (Engebø, 2020) og dette er kjent som «backward snowballing».

Resultatet av litteraturstudiet gir teoretisk grunnlag for rapporten. Ved å gjennomgå litteratur har jeg kunnet avdekke kunnskapsgap knyttet til MMI og BIM-basert prosjektering. Dette har vært behjelpelig i utforming av forskningsspørsmål til rapporten.

2.3.1. Litteratursøk

Steg 1: Identifisere problemstilling

I introduksjonen presenteres formålet og problemstillingen til rapporten. For å kontrollere at problemstilling kan besvares er det gjennomført søk etter nøkkelord knyttet til tema.

Steg 2: Identifisere relevante studier

For å få mer relevant informasjon ble nøkkelord knyttet til tema kombinert i ulike databaser, samtidig som relevante avgrensninger ble satt. Dette resulterte i færre artikler, og noen av dem gjentagende for flere databaser.

Bakgrunnen fra valgte søkeord er nøkkelord knyttet til artikler og masteroppgaver veiledere har anbefalt. Nøkkelord har så ført til andre artikler innenfor samme tema der andre søkeord er fremskaffet.

Databaser som er benyttet er tilgjengelig for NTNU-studenter samtidig som utvalgte databaser er anbefalt i metodekurs (Engebø, 2020). Hensikten med valgte databaser er å spisse databasene mer mot byggrelaterte søk. Oria er en universitetsdatabase og inneholder kilder fra flere fagfelt. Scopus er en teknologisk database som dermed begrenser søket til teknologirelaterte artikler. ASCE (American Society of Civil Engineers) begrenser søket til kun byggrelaterte artikler.

Års-avgrensning er benyttet fordi jeg ønsker nyere publiserte artikler som beskriver «state of the art» av dagens prosjekteringsprosesser. Fagfellevurderte artikler er en avgrensning som styrker troverdigheten til utvalget av artikler som databasene genererer. I dette litteratursøket ønsket jeg kun å benytte publiserte artikler. Årsaken var at jeg vurderte dette som kilder med god troverdighet og som er egnet for å benytte snøballmetoden (Engebø, 2020). For oversikt over søkeord, avgrensninger, og databaser se Tabell 2-1: Litteratursøk.

Tabell 2-1: Litteratursøk

Nr	Søkeord	Data-base	Avgrensninger			Antall	Kilder
			Utgivelsesår	Fagfellevurdering	Type		
1 og 2	«Design management» «AEC» «Literature»	Oria	2013	Ja	Artikkel	166	Knotten et al. (2015) Svalestuen et al. (2015)
		Scopus	2013	Ja	Artikkel	23	
		ASCE	2015	Ja	Artikkel	20	
3 og 4	«Design management» «BIM» «Collaboration»	Oria	2015	Ja	Artikkel	154	Elmualim & Gilder(2013) Tauriainen et al. (2016)
		Scopus	2013	Ja	Artikkel	9	
		ASCE	2014	Ja	Technical paper	9	
5 og 6	«Design management» «LOD» «BIM»	Oria	2017	Ja	Artikkel	39	Hoope (2015) Gytting et al. (2017)
		Scopus	2015	Ja	Artikkel	8	
		ASCE	2014	Ja	-	5	
7	«Model maturity index» «AEC»	Oria	2018	Ja	Artikkel	2	Garcia et al. (2018)
		Scopus	2018	Ja	Artikkel	1	
		ASCE	2018	Ja	Artikkel	1	
8	«Model maturity» «Design management» «AEC»	Oria	2012	Nei	Bok	2	Styrvoid et al. (2019)
		Scopus	2020	Nei	Artikkel	1	
		ASCE	-	-	-	-	

Steg 3: Velge relevant litteratur

Etter databasesøk ble det iverksatt undersøkelser for å avgjøre hvilken litteratur som var relevant. For å avgjøre relevans ble sammendrag og introduksjon gjennomgått. Etter dette ble det gjort en vurdering om litteratur omhandlet riktig tema.

Etter kontroll av relevans ble troverdigheten til litteraturen vurdert. Fra tidligere har litteraturen tilfredsstillt visse kriterier for å komme frem i databasesøket, og dermed er det gjort en kvalitetssikring. I tillegg er metodekapittel gjennomgått for å se om funn er anskaffet troverdig. Resultatet av utvalgt litteratur er presentert i Tabell 2-1.

Steg 4: Kartlegging av data

For å kartlegge data har jeg benyttet 4. steg i Arksey & O'Malley's (2006) anbefalte oppsett. Årsaken til at ikke alle punkter er benyttet skyldes at jeg ikke ser relevansen av dem i dette studiet.

I følgende punktliste er rekkefølge for kartleggingspunkter presentert:

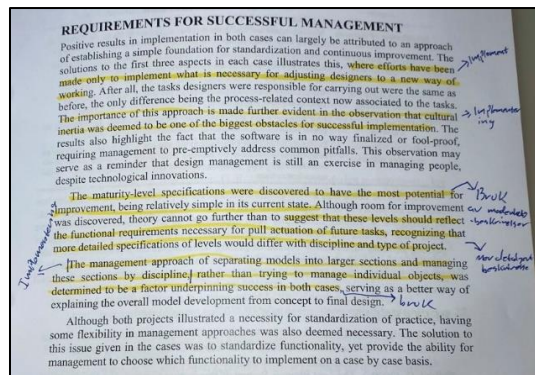
- Forfattere, utgivelses år og hvor studiet er publisert.
- Formålet med studiet.
- Anvendt metode.
- Relevante resultater.

Steg 5: Samle, oppsummere og reportere tilegnet resultat

5. steg av oppsettet til Arksey & O'Malley (2006) samfaller med hvordan resultat og evaluering av litteratur oppsummeres i litteratursøket. Oppsummeringen gikk ut på å presentere kilden, oppsummere resultatene, vurdere resultatenes troverdighet og rapportere hva jeg har hentet ut fra dette. For å tydeliggjøre evalueringen er TONE-prinsippet benyttet. TONE står for: troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet (Aasheim Norås, 2017).

2.3.2. Bruk av litteratur

Etter at relevant litteratur var identifisert, ble litteraturen sortert etter hvilket teorigap den tilhørte. Dette betyr at oppsettet til teorigapet ble utarbeidet før litteratur ble gjennomgått. Årsaken til dette skyldes at jeg anså dette som en strukturert metode for å få klarhet i hvilke litteratur som måtte gjennomgås, og i hvilken rekkefølge. Når strukturen var etablert ble litteratur lest og det ble gjort notering og markering for å tydeliggjøre hva som var relevant informasjon. Informasjonen ble da fortløpende strukturert ut over de ulike teorigapene. Se Figur 2-2.



Figur 2-2: Informasjonsuthenting fra litteratur

En fordel med denne metoden er at en får strukturert gjennomgangen av litteraturen, samt funnene ettersom når og hvor de er relevante. Dette medførte at jeg i starten fordypet meg i prosjekteringsprosessen, så BIM, før jeg til slutt fordypet meg i modenhetsutvikling av BIM. En slik sekvensiell prosess gjorde det enklere å avdekke når det var passende med en overgang til neste tema.

Utfordringer knyttet til dette var at oppsettet til teorikapittelet jevnlig ble revidert og endret som følge av funn i teorien. Teorien avdekket temaer som var veldig detaljert fra tidligere, og andre som ikke var det. En annen svakhet er at en risikerer å låse seg for mye til teoriinndelingen, noe som medfører at en ikke gjennomgår relevant informasjon da den ikke passer med kapittelinnndelingen.

2.4. Casestudiet

For å besvare forskningsspørsmålene er det gjennomført datainnsamling gjennom et kvalitativt casestudium. Yin (2018) anbefaler casestudier i tilfeller hvor en ønsker å studere midlertidige hendelser og når forskningsspørsmålene er utformet som hvordan eller hvorfor spørsmål. I denne rapporten skal jeg gjennom dokument-, intervju- og observasjonsstudier undersøke hvordan entreprenør benytter MMI. Dette er en midlertidig hendelse med hvordan i problemstillingen. Derfor er casestudium et egnet utgangspunkt for datainnhenting for denne rapporten.

Det aktuelle caset for denne rapporten er et leilighetsprosjekt lokalisert på Finnsnes i Troms fylke. Sjøgata Panorama består av tre leilighetsbygg med tilhørende parkeringskjeller og har en estimert totalkostnad på 110 mNOK. Øksnes Entreprenør (ØE) er totalentreprenør og 50% deleier av aksjeselskap som er byggherrefirma på prosjektet.

Jeg er deltidsansatt i ØE og har gjennom dette fått tilgang til informasjon og dokumenter ved Sjøgata Panorama. Det ble i tidligfase av prosjektet diskutert hvordan ØE kunne effektivisere prosjekteringen av Sjøgata Panorama og da ble MMI foreslått. Det ble bestemt at jeg skulle jobbe sammen med prosjekteringsledelsen i implementeringen av MMI, samt ha ansvar for strukturering av BIM-basert prosjekthotell. Denne rollen har gitt meg en unik mulighet til å studere MMIs effekter på prosjekteringen. Gjennom rollen er jeg delaktig i prosjekteringsmøter, planleggingsmøter og lignende. Derfor er Sjøgata Panorama valgt som mitt casestudium da jeg har muligheter til å innhente data gjennom observasjoner, dokumenter og intervjuer.

2.4.1. Intervjuer

Det er valgt å benytte semistrukturerte intervjuer for å innhente data til rapporten. Intervjuer gir mulighet til å innhente dyptgående informasjon om det en studerer fra personer med erfaring og kompetanse (Johannessen et al., 2016; Kvale og Brinkmann, 2017).

Semistrukturert intervju baseres på en overordnet intervjuguide, mens spørsmål og rekkefølge kan variere (Johannessen et al., 2016). I semistrukturerte intervjuer går en gjennom faste temaer med utdypende spørsmål. Tema blir først introdusert slik at informant kan fortelle åpent om erfaringer. På denne måten kan informant svare på evt. underspørsmål for samme tema, eller andre spørsmål som inngår under andre temaer. Denne informasjonen risikerer en å ikke fange opp med strukturerte intervjuer (Kvale og Brinkmann, 2017). Hvis en ikke har konkrete tema og spørsmål kan intervju bli vagt. En kan snakke mye rundt tema uten å gå i dybden. I tillegg kan intervjuer glemme å stille spørsmål som var planlagt på forhånd (Johannessen et al., 2016). I strukturerte intervjuer forholder en seg i stor grad til manus, og en oppnår da ikke den frie samtalen.

Intervjupersoner er hentet fra entreprenør med totalentreprise på caseprosjektet. Stillingen til intervjuperson er prosjekteringsleder og har 40 års erfaring fra bransjen med ulike arbeidsoppgaver. Årsaken til at en person er valgt til intervju skyldes at intervjupersonen er en av dem hos entreprenør som har satt seg inn i MMI og benyttet det i prosjektet. Faktum at entreprenør ikke har brukt MMI før dette prosjektet minsker antall mulige intervjupersoner.

I intervjuguiden er det faste tema, og spørsmål som skal gjennomgås. I intervjuet er temaene presentert med en introduksjon til informant. Etter dette delte informant om sine erfaringer knyttet til hvert enkelt tema. Der intervjuer følte at informant ikke svarte tilstrekkelig ble det stilt oppfølgingsspørsmål fra litteraturguiden. Dette resulterte i en begynnende monolog fra informant, men utviklet seg mer til en dialog i hvert tema. Opplevelsen av informant under intervjuet var at den åpne monologen skapte trygghet rundt intervjusituasjon. Det ble derfor fortalt mye om tema, men også rundt tema, noe som har bidratt til datainnhenting. For å se intervjuguide se Vedlegg 1.

I intervjuet ble det gjennomført lydopptak. Dette lydopptaket er i etterkant transkribert. Transkriberingen gjøres ved å skrive direkte hva intervjuperson sier. Deretter er transkribering oversatt fra muntlig setningsoppbygging til grammatisk korrekte setninger. Denne oversettelsen har i etterkant forenklet uthenting av relevant informasjon. I uthenting av data er transkribert

intervju er relevant data markert. Slik har jeg kartlagt hva som er relevante funn og hva i intervjuet som ikke er like relevant. Det har vært viktig å opptre etisk i denne fasen, og ferdig transkribert intervju er derfor sendt til intervjuperson for godkjenning. Ifølge Kvale og Brinkmann (2017) vil en slik kontroll øke validiteten og reliabiliteten til intervjuet.

2.4.2. Observasjoner

Observasjonsstudier anvendes i tilfeller der forskningsspørsmål skal svare på hvordan menneskelig adferd er (Saunders et al., 2009). I rapporten skal vi se hvordan entreprenør benytter MMI i prosjektering og derfor er det interessant å observere entreprenørs fremgang i implementering og bruk av metoden. Saunders et al. (2009) beskriver fire fremgangsmåter for gjennomføring av observasjonsstudier.

- Deltagende observasjoner
- Strukturerte observasjoner
- Observasjoner via internettmedier
- Videografiske observasjoner

I denne rapporten har jeg benyttet deltagende observasjoner. Deltagende observasjoner beskrives som tilfeller der observatør forsøker å delta i aktivitetene som skal observeres (Saunders et al., 2009).

Fordeler ved deltagende observasjonsstudier er at observatør og informanter har et kollegialt forhold. Dette kan føre til at informanter deler mer erfaring og kunnskap enn hva de ville delt med en utenforstående observatør (Saunders et al., 2009). Involvering gir også observatøren muligheter til å forstå informanters synspunkter og meninger. Dette skyldes at observatøren er introdusert for fagterminologi og prosjektspesifikke fenomener.

Ulempen med deltagende observasjoner er at observatør kan få ulike bias knyttet til observasjonstema. Saunders et al. (2009) beskriver dette gjennom å forklare symbolsk interaksjonisme. Symbolsk interaksjonisme er et sosiologisk fenomen som skjer hos mennesker som interagerer med andre. Dette går ut på at enkeltindivider tenderer til å følge meninger og holdninger til den større sosiale gruppen de er en del av. En annen ulempe med deltagende observasjon er feilobservasjon. Feilobservasjon hender i tilfeller der observatørs mangel på forståelse, eller kjennskap til settingen fører til feiltolkninger av observasjonen. Observatør må være klar over mulig skjevhet i reliabiliteten til observasjoner. Dette skyldes at informanter endrer atferd

av at en observatør er deltagende i gruppen. Mennesker som vet at dem observeres tenderer til å endre atferd.

Datainnhenting er gjennomført ved notatføring av fire observasjoner. Observasjonene er gjennomført ved informasjonsmøter om MMI med prosjekterende og ved ukentlig prosjekteringsmøter. I notatføringen er skjema for datatype og beskrivelser strukturert i to kolonner. Datatype er delt inn i punktene 1) Primær observasjon, 2) Sekundær observasjon, 3) Erfaringsdata og 4) Kontekstuell data. For skjema se Vedlegg 2. Notatføring er gjort i det digitale verktøyet Microsoft Word.

Observasjonsmetoden er valgt da jeg har deltidsstilling hos entreprenør og er delaktig i prosjekteringsprosessen. Under observasjoner har jeg erfart at informanter ikke har vegret seg for å dele informasjon. Min rolle i prosjektet har gjort det avgjørende for meg å få relevant informasjon fra informanter i tillegg til at det ikke har oppstått terminologiske utfordringer. Jeg opplever derfor at fordelene som beskrives av Saunders et. al (2009) stemmer. Jeg er bekjent med eventuelle bias knyttet til min rolle og utfordringer rundt feilobservasjoner. Validitet av funn er derfor vurdert ved å benytte metodetriangulering. En ulempe ved dette observasjonsstudiet er at jeg har vært involvert og mottatt informasjon om MMI over en lengre periode før jeg begynte med observasjonsstudier. Dette medfører at en rekke informasjon som er tilegnet gjennom prosjektet ikke har blitt dokumentert og har dermed lite validitet. For å anvende denne informasjonen har jeg stilt strengere krav til validitet ved å innhente denne informasjonen på ny gjennom dokumentstudier og intervju.

2.4.3. Dokumentstudiet

Gjennom min rolle i casestudiet har en rekke dokumenter knyttet til prosjekteringen vært tilgjengelig. Dokumenter kan benyttes som bevis for å verifisere utsagn fra intervju- og observasjoner (Yin, 2018).

Dokumenter er funnet i nettskybasert prosjekthotell og i e-post der ulike dokumenter er gjennomgått for å vurdere aktualitet. Det er valg å benytte dokumenter som beskriver valgte modenhetsnivåer, soner, prosjekteringsleveranser og fremdriftsplaner. E-poster er også anvendt som dokumentasjon på kommunikasjon og møteplanlegging.

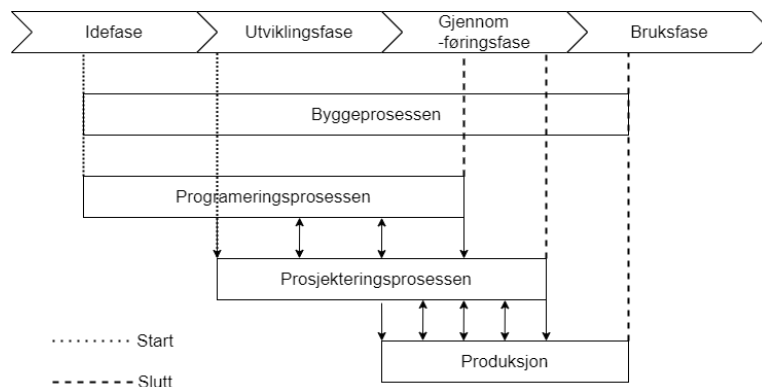
En svakhet knyttet til metoden er at den er tidskrevende. Det burde derfor utføres grundig arbeid med å vurdere hvilke dokumenter som skal benyttes. Siden jeg er involvert i prosjekteringen er det tilegnet god forståelse over hvilke dokumenter som er aktuelle.

3. Teori

Dette kapittelet presenterer relevante funn fra litteratursøket. Funnene presenteres sammen med refleksjoner rundt teorien og dens betydning. I slutten av hvert delkapittel presenteres en oppsummering av teorien.

3.1. Prosjekteringsprosessen

Byggeprosessen består av fire faser ifølge Eikeland (1998). Et prosjekt starter alltid som en idé (idéfase), før idéen videreutvikles til et konsept (utviklingsfase). Etter konseptutvikling kan gjennomføring av prosjektet begynne (gjennomføringsfase). Når denne fasen er over overleveres prosjektet til bruk (bruksfase).

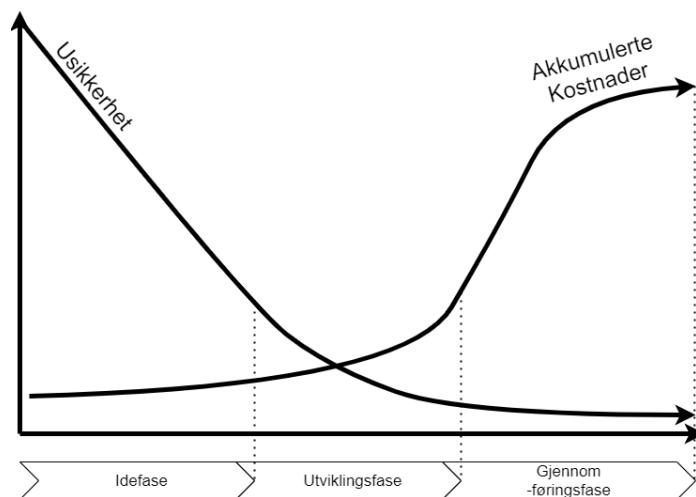


Figur 3-1: Faser i byggeprosessen (Basert på Eikeland, 1998)

Prosjekteringsprosessen strekker seg fra starten av utviklingsfasen og inn i gjennomføringsfasen. Dette er illustrert i Figur 3-1. Figur 3-1 illustrerer også den dynamiske prosessen mellom programmering og prosjektering, og prosjektering og produksjon. I en prosjekteringsprosess defineres byggverkets fysiske egenskaper (Eikeland, 1998). Prosessen påvirkes av kravene som stilles til byggverkets funksjonalitet som defineres i programmeringsfasen. Produksjonsprosessen påvirker også prosjekteringen da prosjekterte løsninger ikke alltid lar seg utføre.

Westergaard, Arge og Moe (2010) forklarer at prosjektering er fellesbetegnelsen for arbeidet arkitekter, rådgivende ingeniører og prosjekterende fra entreprenør utarbeider. Dette gjennom produksjon av 3D-modeller, tegninger og beskrivelser for et byggeprosjekt. Sammensetningen av alle aktørene kalles for prosjekteringsgrupper (Meland, 2000), og arbeidet som prosjekteringsgruppen utfører tidlig i prosjekteringsprosessen er viktig for et suksessfullt prosjekt (Emmit og Ruikar, 2013). Meland (2000) påpeker at mangel på kompetanse i prosjektering fører

til fiasko på prosjekter. Ikke tilstrekkelig prosjektering fører til endringer i produksjon som vil genererer kostnader. Figur 3-2 illustrerer endring av usikkerhet og kostnad knyttet til prosjekt.

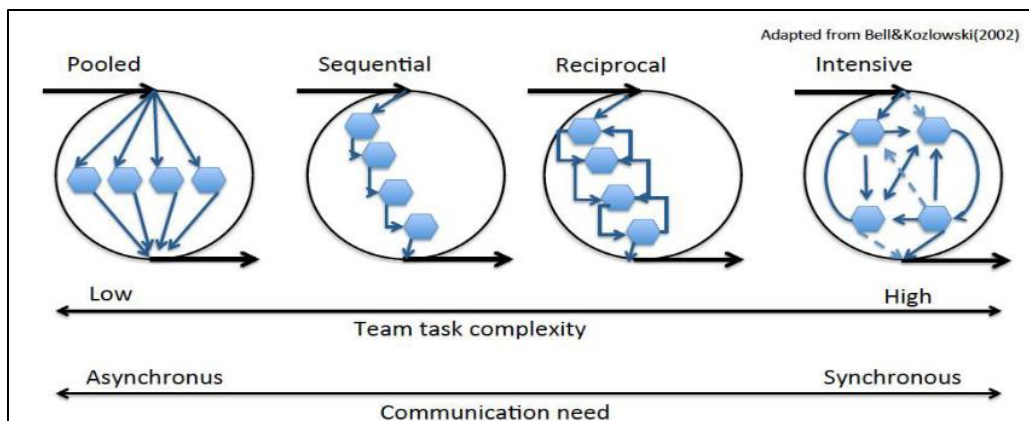


Figur 3-2: Usikkerhet- og kostnadsforløp for prosjekter (Basert på Eikeland, 1998)

Eikeland (1998) beskriver i Figur 3-2 at størst økning av påløpte kostnader foreligger i gjennomføringsfasen. I denne fasen er prosjektets usikkerhet redusert i forhold til usikkerheten i ide- og utviklingsfasen. Hvis dårlig prosjektering fører til økt usikkerhet i gjennomføringen vil en risikere et kostnadshopp som følge av endring eller stillstand i produksjon. Samset (2014) påpeker at investering i prosjekteringsprosessen vil redusere tid- og kostnadsutvikling i produksjonen.

3.1.1. Avhengigheter i prosjekteringsprosessen

Prosjekteringsprosessen består av flere faser med ulik kompleksitet. Kompleksiteten oppstår som følge av gjensidig avhengighet i prosjekteringssamarbeidet. Thompson (1967) og Bell & Kozlowski (2002) beskriver ulike avhengigheter i gruppearbeider. Bølviken et al. (2010) benyttet beskrivelsene for å definere avhengigheter i prosjekteringsgrupper. Det skilles mellom sammenslåtte, sekvensielle, resiproke og intensive prosesser. Forskjellen mellom de ulike prosessene bestemmes av prosjekteringsfasens kompleksitet og krav til medlemmenes avhengighet. Figur 3-3 hentet fra Knotten et al. (2015) illustrerer de ulike prosessene.



Figur 3-3: Gruppeoppgavers kompleksitet (Knotten et al. 2015)

Sammenslåtte og sekvensielle prosesser medfører lite behov for kommunikasjon mellom prosjekterende. Dette fordi oppgavekompleksiteten tilsier at prosjekterende kan jobbe hver for seg, eller at oppgavene påvirkes i en sekvensiell rekkefølge med ingen tilbakevirkende effekt. Resiproke og intensive prosesser stiller høyere krav til kommunikasjon. Dette skyldes at gruppens oppgave er mer kompleks og at prosessene er iterative. Med dette menes at for å løse oppgave A er en avhengig av info fra oppgave B, men for å kunne løse oppgave B må en ha info fra oppgave A (Knotten et al., 2015).

3.1.2. Prosjekteringsledelse

En utfordring for prosjektledere er å koordinere de ulike avhengigheter i prosjekteringsprosessen (Westgaard et al., 2010). I koordineringen av avhengige prosesser prioriterer ofte ledere de tekniske utfordringer fremfor sosiale utfordringer (DeMarco og Timothy, 1999). Dette selv om de sosiale utfordringene ofte er mer utfordrende for samarbeidet enn de tekniske utfordringene.

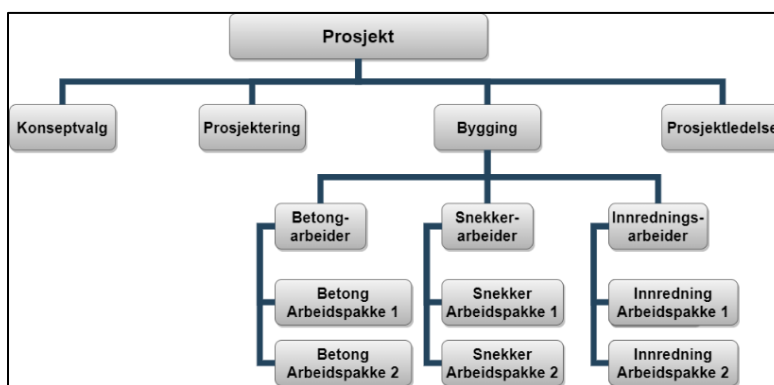
Undersøkelser gjennomført av Svalestuen et al. (2015) viser at prosjekteringsledere anser tillit mellom prosjekterende, forpliktelse, involvering og samhold som noen av de viktigste kriteriene for suksess. Det er prosjekteringsleder som stilles ansvarlig for prosjekteringsgruppens suksess (Sebastian, 2007). Derfor er det prosjekteringsleders ansvar å tilrettelegge for oppnåelse av suksessfaktorene. Å involvere prosjekterende i fremdriftsutvikling er derfor et viktig hjelpemiddel for suksess i prosjekteringen.

3.1.3. Fremdriftsplanlegging

I fremdriftsplanlegging er det viktig å identifisere arbeidsoppgavene som skal utføres. Planleggerne må avdekke avhengighet og hvor lang tid som trengs for å utføre arbeidet slik at en kan strukturere informasjonen i en fremdriftsplan. I dette underkapittelet skal det beskrives hvordan prosjektnedbrytningsstruktur (PNS), AON-nettverk og gantt-diagram benyttes for å få dette til.

Prosjektnedbrytningsstruktur

Rolstadås (2020) beskriver PNS som en metode for å bryte ned prosjektet i spesifikke arbeidsområder. Arbeidsområdene brytes ned i mindre delleveranser og arbeidspakker med arbeidsbeskrivelser. Behovet for detaljering vil variere med prosjektets og arbeidsoppgavens kompleksitet. Derfor må nødvendigheten for nedbrytning vurderes (Norman et al., 2008). PNS illustreres som et familietre der hvert arbeidsområde har en egen avgrensning med ulike arbeidspakker. Se Figur 3-4.



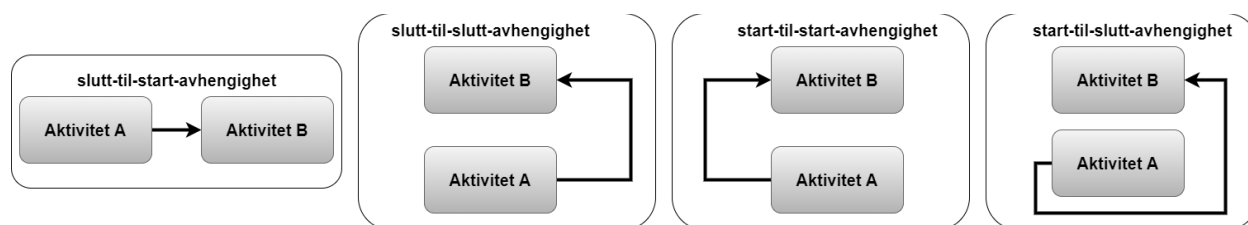
Figur 3-4: Prosjektnedbrytningsstruktur (Basert på Rolstadås, 2020)

Bashir & Thomson (1999, funnet via Abou Ibrahim & Hamzeh, 2018) beskriver PNS ved hjelp av Top-Down metoden. Her brytes prosjektet ned fra start til slutt der en ser på hvilke oppgaver som må løses for at senere oppgaver skal kunne gjennomføres. Det er viktig å bryte ned arbeidspakker i sammenhengende og overkommelige pakker. Når oppgavedbrytning er gjort skal PNS for prosjekteringsarbeider inneholde informasjon om nødvendig tid og ressurser for arbeidspakkene. Abou Ibrahim & Hamzeh (2018) legger vekt på at prosjekterendes subjektive mening over hvor lang tid prosjektering tar ikke alltid er korrekt. Det er viktig å ha en nøktern tilnærming til disse estimatene. I tillegg er det ingen garanti for at alle nødvendige arbeidspakker og avhengigheter er identifisert gjennom Top-Down metoden.

AON-Nettverk

AON-Nettverk (Activity on node) er en form for nettverksdiagram. Et nettverksdiagram er ifølge Hussein (2016) «*En skjematisk illustrasjon av aktivitetene i prosjektet og avhengigheten mellom dem*». Aktivitetene presenteres som noder med linjer som beskriver avhengigheten.

Når avhengige oppgaver i fremdriftsplanleggingen beskrives er det vanlig å skille mellom ulike typer avhengighet. Se Figur 3-5. Den vanligste formen for avhengighet er slutt-til-start-avhengighet som forteller at aktivitet B først kan starte når aktivitet A er ferdig. Den neste avhengigheten, Slutt-til-slutt, viser til aktiviteter som har synkrone sluttidspunkt. Aktivitet B har avhengighet i aktivitet A, men begge aktivitetene avsluttes samtidig. Start-til-start-avhengighet viser aktiviteter som starter samtidig. I slike tilfeller kan aktivitet B ha avhengighet fra aktivitet A, men denne avhengigheten oppstår etter hvert som A og B utvikles. Den siste formen for avhengighet er start-til-slutt-avhengighet. Slike avhengigheter oppstår når starten av aktivitet A fører til avslutning av aktivitet B (Hussein, 2016).



Figur 3-5: Avhengighetstyper (Basert på Hussein, 2016)

Gantt-diagram

For å illustrere fremdriftsplaner kan en kombinere PNS og AON-nettverk i et Gantt-diagram. Et Gantt-diagram er en oversiktlig illustrering av ulike aktiviteter og aktivitetenes rekkefølge og varighet (Rolstadås, 2020b). I Gantt-diagrammer plasseres aktivitetene innenfor hvert arbeidsområde i kronologisk rekkefølge langs y-aksen til diagrammet. Deretter illustreres lengden av aktiviteten som en utstrakt bar langs x-aksen som representerer tid. En utfordring med tradisjonell fremdriftsplanlegging av prosjekteringsprosessen er at den planlegges for likt produksjonsprosessen (Austin et al., 2000). Dette fører til at utfordringene rundt planlegging av iterative prosesser ikke kommer frem.

3.1.4. Oppfølging av fremdriftsplan

For å kontrollere fremdriften til prosjekter utarbeides det milepælsplaner som beskriver hvilken fremdrift og kvalitet prosjektaktiviteter har oppnådd. Milepælsplaner for detaljprosjektering burde ifølge Mejlænder-Larsen (2019) inneholde punkter som viser hvor ferdig prosjekteringsarbeidet er ettersom arbeidet er vurdert og koordinert mot andre disipliner.

For å måle planlagt fremdrift mot utført arbeid benytter tradisjonelt aktørene seg av subjektive estimater. Med disse estimatene prøver man å talfeste fremdrift av eget arbeid (Fleming, 2010). En annen metode er å kalkulere hvor mye arbeid som er utført mot planlagt utførte milepæler.

3.1.5. Oppsummering av prosjekteringsprosessen

Det er ingen direkte overgang mellom programmerings-, prosjekterings, og produksjonsprosessen. Dette skyldes at prosessene innehar informasjonsavhengighet. Informasjonsavhengighet fører til iterasjoner i prosjektering som igjen fører til endringer. Endringene påvirker prosjektkostnader da en risikerer at utført arbeid er bortkastet. Endringskostanden varierer ettersom når endring oppstår og hvor inngrepene endringen er i allerede prosjektert arbeid.

Prosjekteringsprosessen avhengighet varierer mellom høy og lav kompleksitet. Prosjekteringsleder får derfor en utfordrende oppgave med å planlegge prosessen. Synkron prosjekteringsarbeid gjør det utfordrende for hele prosjekteringsgruppen å vite når prosjektert arbeid skal utføres. En er derfor avhengig av en godt gjennomarbeidet fremdriftsplan.

Tradisjonell fremdriftsplanlegging går ut på å identifisere og strukturere arbeidsinndeling, varighet, avhengighet og rekkefølge. Dette kan gjennomføres med metodene PNS og AON-nettverk før det illustreres i et gantt-diagram. Problemet til slik fremdriftsplanlegging, sett fra prosjekteringsprosessen, er at den ikke hensyntar utfordringer knyttet til iterative arbeider.

Ved fremdriftsmåling er det viktig av å knytte milepælsplanlegging opp mot fremdriftsoppfølging. Å tydeliggjøre milepæler i prosjekteringsprosessen vil gi konkret informasjon om fremgangen som forventes av prosjekterende til enhver tid. Det er enklere for prosjekteringsleder å kontrollere fremdrift da en ser hva som er produsert mot hva som var planlagt.

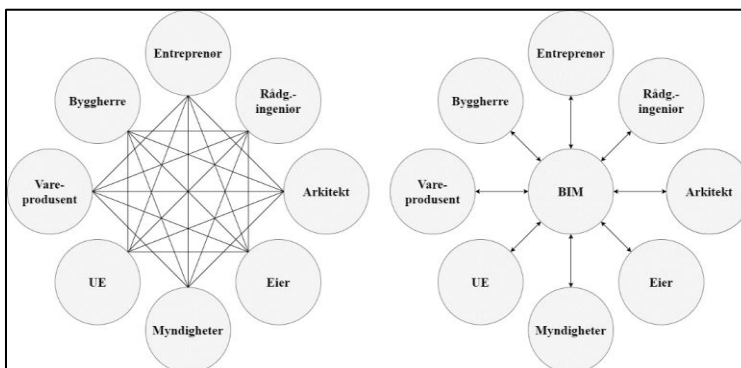
3.2. BIM

I dagens byggenæring er BIM et stadig mer anvendt verktøy i prosjekteringen. BIM kan beskrives som en digital visning av et byggeprosjekt og benyttes for å digitalisere informasjonsdeling i byggeprosessen (Knotten, 2018; Miettinen Paavola, 2014). BIM øker effektiviteten av prosjekteringen ved å benytte programvarer for 3D- og sanntids-modellering (Sacks et al., 2010).

Utfordringer knyttet til BIM er anvendelser av ulike programvarer, opplæring av ansatte og kostander (Elmualim og Gilder, 2013). Tauriainen et al. (2016) argumenterer for at det er for lite kunnskap om BIM hos prosjektledere. Det er utfordrende når prosjektledere ikke tilrettelegger for BIM pga. lite kunnskap om utfordringer og omfang tilknyttet BIM-baserte prosesser. Det er prosjekteringsleders ansvar å føre innovasjonen av BIM inn i et hvert prosjekt, og sørge for at alle aktører har mulighet til å kommunisere på tvers av ulike BIM-formater.

3.2.1. Samprosjektering

Ved overgang fra tradisjonell til BIM-basert prosjektering anbefaler Abou-Ibrahim og Hamzeh (2016) at kommunikasjon- og informasjonsflyt går via BIM. Dette skiller seg fra tradisjonelle prosjekteringsprosesser der kommunikasjon- og informasjonsflyt går på tvers mellom aktører. Se Figur 3-6. Når informasjon lagres i modell åpner en for raskere tilbakemeldinger fra prosjekteringsgruppen noe som bedrer samhandlingen (Zoe et al., 2013)



Figur 3-6: BIM-basert kommunikasjon og tradisjonell kommunikasjon (Basert på Chen, 2005)

For å utnytte potensialet til BIM er det viktig at alle aktører benytter samme modell (Svalestuen et al., 2017). Dette er behjelpelig for å redusere unødvendige iterasjoner, og en bedrer muligheten for kontroll og systematisering av prosjekteringen gjennom en mer strømlinjeformet prosess (Abou Ibrahim og Hamzeh, 2016; Tauriainen et al., 2016). Det første som burde gjennomføres i BIM-basert prosjektering er ifølge Tauriainen et al. (2016):

- 1) Gi instruksjoner på hvordan modellering skal gjennomføres.
- 2) Gi instruksjoner på hva modell skal inneholde.
- 3) Presisere at prosesser og instruksjoner relatert til prosess skal følges nøye.

3.2.2. Kommunikasjon

BIM er et hjelpemiddel for å bedre asynkron kommunikasjon (Knotten et al., 2015). Det vil også bedre synkron kommunikasjon ved å kombineres BIM med ICE-møter. ICE (Integrated Concurrent Engineering) er en metode for interaktiv prosjektering der en samler alle prosjekterende i samme lokale (Hermundsgård, n.d.). Svalestuen et al. (2017) beskriver at en oppnår mest effektiv asynkron kommunikasjon gjennom BIM, og den mest effektive formen for synkronisert kommunikasjon oppnås gjennom «Face-to-face at BIM device». Dette skyldes at kommunikasjon med BIM gir bedre beskrivelser av grensesnittutfordringer enn hva tidligere prosjekteringsverktøy har gitt mulighet til.

3.2.3. Fremdriftsplanlegging og oppfølging

Ved å benytte BIM i prosjektering oppstår nye muligheter for fremdriftsplanlegging i prosjekteringsarbeider. Fremdriftsplanlegging vil utføres ved å definere hvilke elementer som må modelleres, når elementene må være modellert, hvilken modenhet som kreves av modell og hvem som skal utføre modelleringen (Abou Ibrahim og Hamzeh, 2018).

Ved bruk av metoden Level of Development kan prosjekterende og prosjekteringsledelsen lettere måle utført prosjektering mot planlagt prosjektering enn ved tradisjonelle metoder. Dette gjennom å måle utført modellering mot planlagt modellering som er mer konkrete faktorer (Hooper, 2015).

3.2.4. Oppsummering av BIM

BIM er et verktøy som forenkler informasjonsflyt i prosjekteringsgruppen. Dette effektiviserer prosjekteringsprosessen ved å digitalisere kommunikasjons og samhandlingsmønsteret til prosjekterende. Utfordringer knyttet til dette er kostander, ulik erfaring, manglende opplæring og ulike programmer. Utfordringene kan medføre kompleks og utfordrende samprosjektering.

For å øke nivå av samprosjektering er det viktig at alle i prosjekteringsgruppen jobber i samme modell. Slik oppnår en BIMs fulle potensiale og en minsker unødvendige iterasjoner og skaper en kontrollert og oversiktlig prosess. Det burde etableres retningslinjer for hvordan prosjekteringsgruppen skal modellere slik at samprosjektering effektiviseres.

For å oppnå best mulig samprosjektering er det viktig med god kommunikasjon i prosjekterings samarbeidet. BIM gir betydelig bedre forutsetninger for dette da prosjekterende i større grad kan adressere problemer og konflikter i modell. Dette gjelder spesielt for asynkrone kommunikasjoner der avhengigheten mellom gruppemedlemmer er lav. For mer komplekse og synkrone kommunikasjonsavhengigheter vil BIM være et verdifullt verktøy som prosjekterende kan bruke i kommunikasjon med hverandre.

Fremdriftsplanlegging og oppfølging av BIM gjennomføres ved å kontrollere modenhetsgrad til modeller. Metodene lar prosjekteringsleder planlegge prosjekteringen ut fra når objekter skal modelleres, hvilke objekter som skal modellere og hvem som skal modellere.

3.3. Modenhetsutvikling av BIM

Grunnet en stadig økende bruk av BIM i byggenæringen er det en økende etterspørsel etter standardisering av BIM og hvordan en metodisk benytter verktøyet (Ekholm et al., 2013; Miettinen og Paavola, 2014). I dette delkapittelet presenterer metodene Level of Development (LOD) og Model Modenhets Indeks som gir rammeverk for strukturering av BIM-baserte prosjekteringsprosesser.

3.3.1. Level of Development

LOD baserer seg på ulike nivåer for å beskrive utvikling av BIM-modeller (McPhee, 2013). Hensikten er å kunne knytte BIM-objekters modenhetsutvikling opp mot LOD-nivåenes definisjoner. Dette gir prosjekterende bedre forutsetninger for formidling av progresjonen i sitt arbeid (Hooper, 2015). LOD vil forenkle planleggingen av prosjekteringsprosessen da prosjekterende og prosjekteringsledere lettere kan avgjøre om faktisk planlagt prosjektering er utført (Svalesstuen et al., 2018). LOD-nivåer er beskrevet i veiledende standard som er publisert av BIM-Forum (BIMforum, 2019). De ulike nivåene illustreres i Figur 3-7 og beskrivelser er som følger:

LOD 100:

Modellelementer kan representeres grafisk som generiske objekter, men tilfredsstillers ikke krav for LOD 200.

LOD 200: Modellelementer er grafisk fremstilt i modell som et spesifikt objekt, system eller en samling med tilnærmet mengde, størrelse, plassering og orientering.

LOD 300: Modellelementer er grafisk fremstilt i modell som et spesifikt objekt, system eller samling i form av mengde, størrelse, form, plassering og orientering.

LOD 350: Modellelementer er grafisk fremstilt i modell som et spesifikt objekt, system eller samling i form av mengde, størrelse, form, plassering og orientering. Element er kontrollert mot grensesnittet til andre modeller.

LOD 400: Modellelementene er grafisk fremstilt i modell som et spesifikt objekt, system eller samling i form av mengder, størrelse, form, plassering og orientering med detaljering. Modell inneholder produksjons- og installasjonsinformasjon.

LOD 500: Modellelement er grafisk fremstilt «Som-bygget» i form av størrelse, form, plassering, mengde og orientering.

LEVEL of DEVELOPMENT				
LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
Concept (Presentation)	Design Development	Documentation	Construction	Facilities Management
DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 100	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 200	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 300	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 400	DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra PURCHASE DATE: 01/02/2013
(Only data in red is useable)				
practicalBIM.net © 2013				

Figur 3-7: Illustrasjon av LOD-nivåer (McPhee, 2013)

Ved å definere ulike nivåer kan en systematisere prosjekteringen gjennom beslutningsplaner som baseres på modenhetsutviklingen til modellene (Hooper, 2015; Svalestuen et al., 2018). Dette vil ifølge Svalestuen et al. (2018) være et verktøy som kan hjelpe prosjekteringsleder i å planlegge riktig rekkefølge for prosjekteringsleveransene slik at en oppnår gode iterasjoner.

Hopper (2015) viser at LOD er et rammeverk som har utviklet seg mye siden dens opprinnelse i 2005. Fremdeles er det diskusjoner i fagmiljøet om LOD er for teoretisk og detaljorientert rammeverk, som fører til at prosjekterende vegrer seg for bruk (Hooper, 2015; Nøklebye og Lædre, 2018). For mye fokus på individuelle objekters utvikling (Abou Ibrahim og Hamzeh, 2017), og for lite fokus på grafisk nøyaktighet (Garcia et al., 2018) er argumenter som taler mot bruken av LOD.

3.3.2. Modell Modenhets Indeks

I 2017 publiserte Construction Industry Institute (CII) nye enheter for måling av BIM-basert prosjektering (Eray et al., 2018). Modell Modenhets Indeks baserer seg på samme nivåer som LOD. Forskjellen mellom MMI og LOD er at nivåene i det nye konseptet omhandler grafisk og ikke-grafisk informasjon til modellen. Dette skiller seg fra LODs separate fokus på individuelle objektenes grafiske og ikke-grafiske informasjon (Abou Ibrahim og Hamzeh, 2017). En annen ulikhet mellom metodene er ifølge Eray et al. (2018) at LOD fokuserer i større grad på detaljer knyttet til modellutvikling der MMI setter søkelys på prosjekteringsutvikling for ulike disipliner.

I 2018 presenterte Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF), Arkitektbedriftene og Entreprenørforeningen – Bygg og Anlegg (EBA) en norsk bransjestandard på hvordan MMI skal benyttes i byggenæringen (Fløisbonn et al., 2018). Formålet med standardiseringen var å begynne å benytte MMI som et verktøy innen fremdriftsplanlegging. Dette skulle oppnås ved å kartlegge BIM-modellens modenhetsutvikling. Fløisbonn et al. (2018) har tilnærmet lik inndeling av modenhetsnivåer som CII, unntatt CII's siste nivået MMI 600. MMI 600 er et nivå som gir modellstatus «som-bygget» med innprogrammert FDV-informasjon (Eray et al., 2018; Garcia et al., 2018). Resterende MMI-nivåer presentert av Fløisbonn et al. (2018) er illustrert i Figur 3-8 og beskrevet som følger:

MMI 100 – Skisse: Prosessen frem mot MMI 100 innebærer å etablere ett eller flere forslag til løsning. Objekter ved MMI 100 er å anse som et skisseforslag. Dette innebærer at det kan være modellert flere alternative forslag til løsninger og at det kan skje større endringer i design på kort tid. I prosessen frem mot MMI 200 velges løsninger og konsepter.

MMI 200 - Ferdig konsept: Objektene er å anse som gjennomarbeidet med tanke på design av konseptuell løsning. Det forutsettes at det ikke forekommer større endringer i konseptene som påvirker andre fag etter MMI 200.

MMI 300 - Klar for tverrfaglig kontroll: Ved MMI 300 skal objektene være koordinerte innen enkeltdisipliners modeller. Objekter relevant for tverrfaglig koordinering skal være modellert og ikke være i konflikt med andre objekter i samme disiplin. Objektene skal ha riktig størrelse og plassering.

MMI 350 - Utført tverrfaglig koordinering: Ved oppnådd MMI 350 skal objektene være tverrfaglig koordinert med hensyn til alle objekter i tilgrensende disipliner. Tverrfaglig

koordinering vil ofte være en iterativ prosess, først ved slutført koordinering mellom alle tilgrensende disipliner oppnår objektene denne statusen.

MMI 400 – Produksjonsunderlag: Status som produksjonsunderlag forutsetter at objektene er kontrollert og godkjent for bygging. Eventuelle konflikter eller innspill til endring av design sendes til prosjekterende disipliner for gjennomgang. Ved utsjekk av alle tilbakemeldinger, er objektet klar for produksjon, MMI 400.

MMI 500 - Som bygget: Avhengig av krav til «som bygget»-dokumentasjon oppdateres modellene i henhold til denne statusen av de prosjekterende.



Figur 3-8: MMI - nivåer (Basert på Fløisbonn et al., 2018)

Igangsette bruk av MMI

Styrvold et al. (2019) presenterer en anbefaling om hvordan MMI burde implementeres i prosjektering. Det første som burde gjennomføres er et oppstartsmøte med prosjekterende der strategi for prosjektet blir forankret. Strategien omhandler definering av prosjektmål, hvilken rolle de ulike prosjekterende har og hvordan BIM skal benyttes. Etter å ha kartlagt prosjekterendes BIM-ferdigheter burde en avdekke om prosjekterende har tidligere erfaringer fra MMI. Etter dette burde en se nærmere på behov for detaljeringsgrad av BIM-leveransene til de ulike prosjekterende. Er noen leveranser svært ressurs og tidskrevende burde det utformes kontrakter som spesifiserer dette.

Prosjektspesifikke modenhetsnivåer

Ved hvert enkelt prosjekt burde prosjekteringsgruppen vurdere en prosjektilpasset inndeling av modenhetsnivåer (Fløisbonn et al., 2018). Siden det ikke er etablert nasjonale standardiseringer av MMI-nivåer er det lurt å etablere prosjektspesifikke nivåer som alle prosjekterende er kjente med. Dette da byggeprosjekter består av flere samarbeidende bedrifter som kan ha etablert egne standarder for bruk av MMI (Garcia et al., 2018).

Å involvere prosjekterende i planleggingen av modenhetsnivåene kan være et virkemiddel for å stryke prosjekterendes følelse av tilhørighet og eierskap til prosjektet. Dette påpeker Svalestuen et al. (2015) som nøkkelementer for en vellykket prosjektering, og kan være med på å fjerne problemer rundt kulturell treghet i implementering som Nøklebye og Lædre (2018) påpeker. Et

suksesskriteria for implementeringa av MMI er å kun benytte det som er nødvendig i rammeverket (Nøklebye og Lædre, 2018). Dette er overførbart til modenhetsnivåer der hver prosjekteringsgruppe må kunne se hvilke av nivåene som er nødvendig i sitt arbeid. Å velge hvilke modenhetsnivåer som er nødvendig er også anbefalt av Styrvold et al. (2019).

Sone- og systeminndeling av prosjekt

Fløisbonn et al. (2018) anbefaler at et prosjekt deles inn i ulike soner. Eksempelvis vil en sone kunne være et gulv, et rom, en etasje eller et bygg (Nøklebye og Lædre, 2018; Styrvold et al., 2019). En vil med dette kunne skaffe seg en mer segmentert oversikt over prosjektet, noe som er behjelpende i planleggingen av leveransene fra prosjekterende. Et alternativ for soneinndeling er å dele prosjektet inn i ulike systemer (Garcia et al., 2018; Styrvold et al., 2019). Dette vil si å dele prosjektet inn i systemer for eksempelvis tekniske fag, strukturelle fag eller i områder av prosjektet med mye grensesnittutfordringer mellom ulike disipliner.

Prosjekteringsleveranser

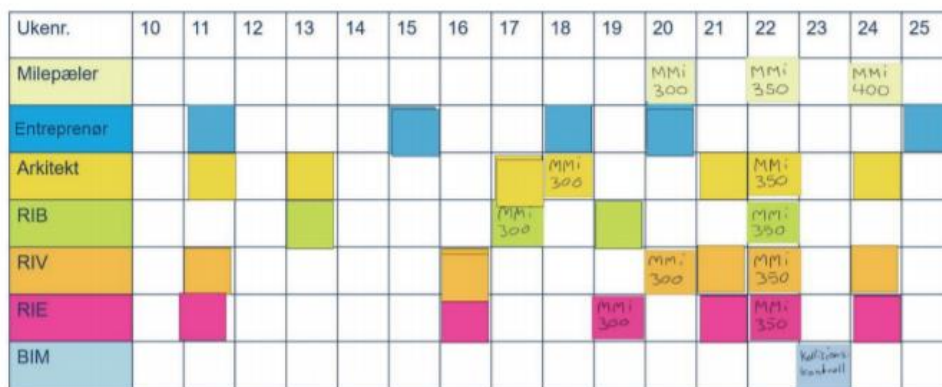
Prosjekterende skal for hver enkelt sone eller system lage en liste med prosjekteringsleveranser (Fløisbonn et al., 2018; Styrvold et al., 2019). Prosjekteringsleveransene er de aktivitetene prosjekterende skal gjennomføre innenfor hver sone. Resultatet av prosjekteringsleveransene kan være enkeltstående- eller sammenhengende BIM-objekter. For tilhørende BIM-objektene må det også defineres krav for hva som utvikler leveransene fra et modningsnivå til et annet. Erfaringer fra LOD viser at for detaljerte beskrivelser av enkeltobjekter kan føre til at systemet blir for teoretisk og detaljorientert (Abou Ibrahim og Hamzeh, 2017; Hooper, 2015; Nøklebye og Lædre, 2018). Prosjekterende vil få bedre kjennskap og eierskap til leveransene hvis de involverer i utarbeidelsen av leveransekrav (Styrvold et al., 2019). Et eksempel på prosjekteringsleveranser for sone og system er vist i Tabell 3-1. Garcia et al. (2018) understreker at ikke alle prosjekteringsleveranser har behov for alle modenhetsnivåene. Prosjekterende burde derfor uttale seg om egne behov for modenhetsutvikling av modell.

Tabell 3-1: Eksempel prosjekteringsleveranser (Basert på Fløisbonn et al., 2018)

Fagmodeller	Objekter	MMI
ARK	Yttervegger, Innervegger, himling sjakter	300
RIV	Hovedføringer vertikalt og horisontalt	200
RIE	Hovedføringer vertikalt og horisontalt	200

Fremdriftsplanlegging

Modenhetsutviklingen til prosjekteringsleveransene benyttes for å etablere en fremdriftsplan for prosjekteringsprosessen (Fløisbonn et al., 2018). For å kartlegge avhengigheter i prosjekteringen må prosjekterende kommunisere hvilket modenhetsnivå andre prosjekteringsleveranser må oppnå. Dette før de selv kan videreutvikle egen prosjektering. For å illustrere fremdriften anbefales lappeplanteknikk (Styrvold et al., 2019). Lappeplanteknikken er en intuitiv illustrasjon av avhengighet som er enkel for prosjekteringsgruppen å forstå. I lappelanen burde det implementeres milepæler ettersom når alle prosjekteringsleveransene i en sone/system har oppnådd et nytt modenhetsnivå. For illustrasjon av lappeplan se Figur 3-9. Nøklebye og Lædre (2018) fant ut at å dele opp prosjekteringsleveransene i enkeltobjekter ville gi dårligere forutsetninger for fremtidsplanlegging da det var vanskelig for prosjekterende og følge den overordnede flyten mellom leveransene.



Figur 3-9: Lappeplan (Fløisbonn et al., 2018)

Oppfølging

Ved å etablere en fremdriftsplan basert på prosjekteringsleveranser med planlagt MMI-nivå kan prosjekteringsledere kontrollere faktisk utført prosjektering mot planlagt prosjektering (Styrvold et al., 2019). Dette burde gjøres ved jevnlig prosjekteringsmøter i form av ICE-sesjoner (Nøklebye og Lædre, 2018). Hvis en oppdager at levert prosjektering ikke tilfredsstillende angitt MMI-nivå burde prosjektering settes tilbake i modenhet (Garcia et al., 2018). Dette også i tilfeller der en er nødt til å endre utført prosjektering av andre eksterne eller interne årsaker.

3.3.3. Oppsummering av modenhetsutvikling

For å måle fremdriftsutvikling i BIM-basert prosjektering ble LOD presentert som et metodisk rammeverk. Rammeverket baserte seg på ulike nivåinndelinger som beskriver BIM-objekters modenhetsutvikling etter forhåndsgitte parametere. Utfordringen med LOD er at rammeverket fokuserer for mye på teoretisk og detaljert utvikling av enkeltobjekters modenhetsutvikling fremfor modenhetsutviklingen av felles BIM-modell.

CII og norsk byggindustri har separat utviklet et LOD-lignende system med navn Model Modenhets Indeks. Systemet baserer seg på lignende modenhetsnivåer som LOD, men fokusområdet ligger på modenhetsutviklingen av hele modeller og ved grensesnitts-utfordringer mellom disipliner. Dette gjennom å bryte ned prosjektet i soner/systemer der hver involvert prosjekterende beskriver egne prosjekteringsleveranser, og hvilken informasjon som trengs for å utvikle egne objekter. Ut fra dette skapes en fremdriftsplan med modenhetsnivåer-milepæler slik at prosjekteringsgruppen enkelt kan følge opp planlagt prosjektering mot utført prosjektering.

Hensikten med MMI er å gi prosjekteringsgruppen en oversiktlig og mer transparent prosess med felles terminologi for måling av fremdrift og utvikling av modell. Systemet legger til rette for inkluderende planlegging og strukturering av prosessen. Ved at prosjekterende kan kommunisere hva som behøves for å videre utvikle modenhetsgraden av modell gir systemet bedre forutsetninger for å løse synkrone og asynkrone prosjekteringsprosesser.

3.4. Kunnskapsgap

Selv om MMI formelt ikke er et standardisert rammeverk viser teorien at det er dokumentert hvordan prosjekteringsgrupper kan systematisere prosjekteringsprosessen. Det er presentert teori om hvilke forventede synergieffekter BIM-basert prosjektering og MMI vil gi prosjekteringssamarbeidet. Det er derimot få dokumenterte studier som beviser disse effektene. Det vil derfor være interessant å se nærmere på hvilke styrker og svakheter anvendt bruk av MMI gir til prosjekteringssamarbeidet, og hvordan dette kan videreutvikle metoden. Slik kan byggindustrien etter hvert etablere et standardisert rammeverk for kontroll og planlegging av BIM-basert prosjektering.

4. Resultat

Dette kapitlet presenterer resultater fra intervju- dokument- og observasjonsstudier. Det er kun relevante funn som presenteres i resultatet. Relevante funn er de funnene som skal bidra til å besvare rapportens forskningsspørsmål. Kapitlet er strukturert slik at leser lett skal kunne knytte funn til aktuelle tema og forskningsspørsmål.

4.1. Forberedelser til bruk av MMI

4.1.1. Entreprenør forberedelser

ØE ønsker ifølge intervjuperson å involvere prosjekterende på et tidligst mulig tidspunkt. Det er viktig å planlegge nødvendighet for involvering da feil involveringstidspunkt kan påvirke prosjekteringsprosessen. Det påpekes at ØE involverer prosjekterende etter hva som må klareres på prosjektet. På prosjektet blir derfor rådgivere innen vann- og avløp, fundamentering og arkitektur involvert først. «*I begynnelsen av et prosjekt er det viktig å avklare infrastrukturen*» kommenterer intervjuperson. Dette gjelder også for underentreprenører (UE) da eksempelvis graveentreprenører blir involvert før andre UEer. Når prosjekterende er involvert skal de informeres omgående om bruken av MMI som metode i prosjekteringen.

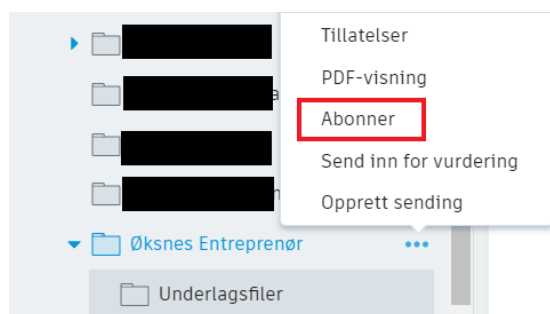
Gjennom epostutveksling kommer det frem at det er planlagt ukentlig møtesyklus for oppfølging av prosjektering. Møtene gjennomføres digitalt via Microsoft Teams, noe som muliggjør felles gjennomgang av BIM-modell. Prosjekteringsleder forteller at ved andre prosjekter varierer møtehyppigheten fra en til fire møter i uken avhengig av kompleksiteten på arbeidsoppgavene. Det påpekes at høy møtehyppighet påvirker fremdriften i prosjekteringen negativt. Dette fordi en ikke har tilstrekkelig tid til å videreutvikle prosjekteringen mellom hvert møte. Prosjekteringsleder anbefaler på bakgrunn av dette en til to felles prosjekteringsmøter i uken og sier at MMI skal benyttes for å kartlegge hvilken fase prosjekterende er i.

For å forankre MMI i prosjektet er det kun gjennomført opplæring av prosjekterende. Intervjuperson presiserer at prosjekterende ser nytteverdien av systemet og tror derfor de er motiverte til å bruke metoden. Opplæring av MMI er gjennomført ved at BIM-koordinator har kontaktet hver enkelt prosjekterende og forklart systemet og hvordan det skal benyttes. For å implementere MMI i prosjekteringen påpeker intervjuperson at metoden må være tilstedeværende i prosjekteringsmøtene. I tillegg må terminologien tilhørende systemet benyttes av alle aktører.

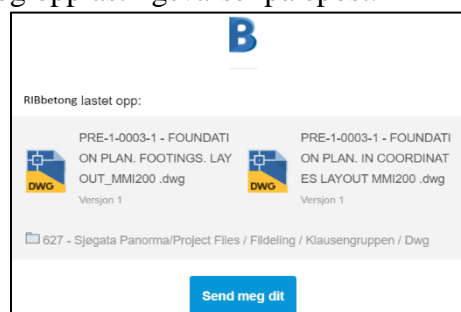
4.1.2. Styrker og svakheter med forberedelser

Styrker:

ØE har i forbindelse med BIM-basert prosjektering valgt å benytte Autodesk's BIM360 som prosjekthotell. BIM360 gir prosjekterende mulighet til modellering i felles modell, systematisering av filoplasting basert på modenhetsnivå og kontroll av reviderte arbeider. Gjennom observasjon og dokumenter kommer det frem at verktøyet bidrar til en mer direkte informasjonsflyt. Dette da en kan abonnere på ulike disipliners mappestruktur som sender ut varsel ved ulike oppdateringer. Figur 4-1 og Figur 4-2 viser eksempelvis abonnentfunksjon og opplastingsvarsel på epost.



Figur 4-1: BIM360-abonntfunksjon



Figur 4-2: BIM360-epostvarsel

Svakheter:

I intervju blir det informert om at ØE er en mellomstor entreprenør. En konsekvens av dette er at prosjektdeltagere fra entreprenør har overlappende arbeidsoppgaver på flere prosjekter. Dermed kan prosjekteringsgruppen oppleve at de ikke har tid til å sette seg inn i nye metoder. I slike tilfeller må gruppen jobbe med endringsholdning. En utfordring knyttet MMI er at metoden ikke er forankret gjennom kontrakter eller insentiver. Intervjuperson spesifiserer at i fremtidig bruk av MMI burde det kontraktfestes at metoden skal benyttes.

Gjennom intervju kommer det frem at ØE og prosjekteringsleder ikke har erfaring om MMI-tidligere. Intervjuperson påpeker også at metoden ikke er tilstrekkelig jobbet med som følge av tidsbegrensninger.

Observasjoner tilknyttet møtesykluser viser at prosjekterende etterspør når andre prosjekterende vil kontraheres inn i prosjektet. Prosjekteringsledelsen har begynt kontraheringsprosessen, men en konsekvens ved slik kontrahering er at prosjekterende ikke er til stede ved etterspørselen. Dette førte i prosjekteringsmøte til utsettelse av prosjekteringsleveranse.

4.2. Bruk av MMI

4.2.1. Entreprenørs bruk

Modenhetsnivåer

Det kommer frem i observasjoner, dokumenter og gjennom intervju at nivåene som er benyttet på prosjektet er Fløisbonns et al. (2018) 200, 300, 350 og 400. MMI 100 er ikke benyttet da ØE kjøpte leilighetskonseptet fra arkitekt. Etter gjennomgang av prosjektert informasjon anså derfor entreprenør at konseptet var utviklet til MMI 200. MMI 500 vil ikke benyttes da entreprenør ikke ser verdien av «Som bygget»-modell på dette prosjektet. Det påpekes i intervju og vises i dokumenter at entreprenør har spesifisert 200-nivået til «Ferdig konsept – klar til prosjektering».

Soneinndeling

I prosjekteringen av Sjøgata Panorama viser dokumenter, observasjoner og intervju at det benyttes soneinndeling fremfor systeminndeling. Soneinndelingen er ifølge intervjuperson og observasjoner basert på produksjonsrekkefølgen til prosjektet og er delt inn følgende:

1. Grunn og fundament
2. Parkeringskjeller
3. Leilighetsbygg

Når prosjekterende har oppnådd etterspurt modenhetsnivå blir BIM-leveransen sendt til entreprenør, som så uttrykker modenheten til sonene i form av fargekoder. Gjennom observasjoner kommer det frem at navn på soneinndeling blir benyttet prosjekteringsgruppen når utfordringer knyttet til grensesnittet mellom sonene analyseres. Det kommer ikke frem at sonene er konkrete MMI-soner, men heller generelle prosjektsoner.

I prosjekteringsmøte viser observasjoner at prosjekterende som ikke er direkte tilknyttet sonene ikke er deltagende i møtet. Hvis prosjekteringsmøtet krever svar fra prosjekterende som ikke deltar i møtet skal vedkommende være tilgjengelig for oppringing.

Prosjekteringsleveranser

Prosjekteringsleveransene til de ulike prosjekterende blir fastsatt av prosjekteringsleder selv ifølge intervjuperson. Prosjekteringsgruppen bidrar i planleggingen av prosjekteringsleveransene da intervju, dokumenter og observasjoner viser at alle prosjekterende skal levere en punktliste over egne prosjekteringsleveranser. Listen skal inneholde hvilken informasjon som behøves fra andre

prosjekterende for å utvikle egen modell, og et tidsestimat for prosjekteringsvarighet. Et eksempel på levert liste fra RIVA vises i Figur 4-3.

MMI200	MMI300	MMI350	MMI400
Påkoblingspunkt mot kommunalt	Sprinkel / ikke sprinkel Info fra LARK om konsept for overvannsløsninger. Hvor er det tenkt sluk. Hvor mye vann skal fordrøyes, hvor mye skal rett i rør	Bygget må være ferdig plassert. Høyder er fastsatt på alle gulv/dekker Byggets fundamentering er fastsatt	
Kartgrunnlag	Behov for brannvann. Brannkonsulent	Vannbehov for forbruksvann er fastsatt fra VVS	
Høydegrunnlag	Overordnet overvannsplan med fall for overvann og håndtering av dette må foreligge fra LARK.	Type Sprinkel og vannbehov er fastsatt fra VVS	
Oversikt kabler etc i grunn	Plassering/fall/høyder vei. Foreløpig flater XML fra vei, LARK/ARK	Info om dimensjoner på bunnledninger i bygg fra VVS.	
Plassering bygg		Høyder på bunnledninger er fastsatt	
Kjeller/ikke kjeller. Info om kote for bunnplate	Avklaring mot kommunen og evt krav til løsninger/ samordning med andre prosjekt	Behov for brannvann er endelig avklart med brannkonsulent.	
Eventuelle grunnundersøkelser oversendes	Prosjekterende av fjernvarme gir innspill på ledningsdimensjoner og krav til grøft	Plassering av brannkummer/hydranter er endelig avklart med brannkonsulent	
	Resultat fra eventuelle grunnundersøkelser oversendes	Landskapsplan er fastsatt med høyder. Apparater/søppeldunker, etc plassert ferdig der det skal være. Landskapsplan bør eksporteres til XML.	
	Avklaring om overvann. Hvor mye kan slippes inn på kommunalt.	Åpne grøfter og plassering av sluk er fastsatt i landskapsplan med høyder	
	Konstruksjoner utenomhus som murer, kantstein foreligger.	Høyder på landskap med veier etc er fastsatt	
	Avklaring om samordning med fjernvarme. Skal dette med i grøfta? Skal vi tegne grøfta?	Avklaring mot naboer med for eksempel grøfter, stikkrenner er i orden.	
	Info om EL og evt samordning av grøft. Foreløpig plan for kabelgrøft	Fjernvarmetrase er fastsatt	
	Fjernvarme. Innspill fra PRO på ønsker om leggedyde/avstand til VA.	Utenomhusplan med kantstein er fastsatt	
		Flater vei/pparkering etc. Endelig avklart. Eksporteres til XML	
		Kabelgrøfter er ferdig prosjektert. Kontrolleres for konflikt/samordning med VA	
		Fjernvarme. Dimensjoner og grøft er prosjektert ferdig fra PRO fjernvarme.	
TID:			
2 uker	2 uker	1 uke	1 uke

Figur 4-3: Liste for prosjekteringsleveranser fra RIVA

Gjennom observasjon av opplæringsmøter kommer det frem at prosjekterende skal dele filer på en spesifikk måte. Prosjekteringsleveranser som lastet opp i prosjekthotell skal inneholde MMI-nivå i filnavnet. Dokumentstudier viser at prosjekterende gjennomfører dette. Se Figur 4-4.

<input type="checkbox"/> Navn ^	Beskrivelse	Versjon	Størrelse	Sist oppdatert	Oppdatert av
<input type="checkbox"/>  190280 - kun søyler og drager_Finn_Daae.rvt	MMI200	V1	11,8 MB	Nov 17, 2020 1:21 PM	RIBtre
<input type="checkbox"/>  629890_VA_modell_lokalt_nultpunkt MMI200.ifc		V2	2,7 MB	Nov 17, 2020 1:20 PM	RIVA
<input type="checkbox"/>  Arbeidsfil MMI200 - IFC 26.10.2020.ifc		V2	28,3 MB	Nov 11, 2020 8:43 AM	Ark
<input type="checkbox"/>  KP-0-000_MMI200.ifc		V2	2,1 MB	Nov 17, 2020 10:31 AM	RIBbetong

Figur 4-4: Prosjekteringsleveranser i prosjekthotell

Fremdriftsplanlegging

Prosjekteringsleder sier i intervju at tradisjonell fremdriftsplanlegging av prosjekteringsprosessen i ØE er basert på erfaringer om hvilke aktiviteter som er avhengige. Prosjekteringsleder håper at MMI skal supplere erfaringskunnskapen i utvikling av fremdriftsplaner. Prosjekteringsleveransene skal struktureres etter utvikling og avhengigheter som prosjekterende beskriver. Erfaringen til prosjekteringsleder er med på å avgjøre ulike avhengigheter mellom aktivitetene. Observasjoner

viser at ØE ønsker at prosjekterende skal estimere hvor tidskrevende utvikling av prosjekteringsleveranser er. Prosjekterende som knytter stor risiko opp mot egne tidsestimater skal kommunisere dette til prosjekteringsleder slik at buffertid kan planlegges. Dokumenter viser at det er planlagt å utarbeide lappeplaner for hver sone. I lappeplanen skal prosjekteringsleveransene struktureres i en sekvensiell rekkefølge. Lappeplanen er strukturert med milepæler slik at en ser når sonen oppnår ulike modenhetsnivå. Figur 4-5 viser malfilen for lappeplanlegging som benyttes i ØE og inneholdende planlagte prosjekteringsleveranser for sone 3.

Måned		Oktober				November				Desember					
Uke		42	43	44	45	46	47	48	49	49	49	49			
Day		mi	tr	or	to	fr	sa	so	ma	ti	or	to	fr	sa	so
Milepæler															MMI200 - Ferdig Konsept
Sone	Punkt														MMI300 - Tverrfaglig kontroll utført
	Ansvar														MMI350 - Produksjonsundersøtt
	Artikkelstift														
	Bæresystem -														
	Søiler og bjelker														
	Bærevegger														
	Ventilasjon														
	Rørledninger -														
	Vannnettvegg														
	Elektriske kretser														
	Vegg														
	Dekke														
	Rørledninger -														
	Vannnettvegg														
	Elektriske kretser														
	Gulv														
	Byggningsfysikk -														
	Dekke														
	Lettinger														
	Rørledninger -														
	Vannnettvegg														
	Elektriske kretser														
	Lettinger														
	Ventilasjon														
	Lettinger														

Figur 4-5: Malfil MMI-lappeplan

Fremdriften i prosjekteringen blir drøftet i ukentlige prosjekteringsmøter. Ifølge intervjuperson er det i disse møtene at prosjekteringsleveransene blir forankret. Dette skyldes at det alltid vil foreligge uforutsette hendelser som kan fremskynde og forsinke prosjekterende aktiviteter. Gjennom å observere prosjekteringsmøter kommer det frem at prosjekteringsgruppen i stor grad ser på hva slags aktiviteter som er planlagt, vurderer fremdriften, så ser om det er noe som er forsinket eller fremskyndet. I møtene blir avhengighet mellom prosjekteringsleveransene forankret noe som presiseres av prosjekteringsleder i intervju.

4.2.2. Styrker og svakheter ved bruk

Modenhetsnivåer

Stryker:

Gjennom observasjoner kommer det frem at prosjekterende har en utviklende trend i bruken av modenhetsnivåuttrykkene. Prosjekterende gir inntrykk for at nivåinndelingen er enkel å forstå og kan anvendes både i BIM-basert prosjektering, og for å forklare fremgang i tradisjonell prosjektering. Intervjuperson har samme oppfatning som det som er observert. Det å få

prosjekteringsgruppen til å forstå at alle modenhetsnivåer ikke er nødvendig for alle disipliner er noe intervjuperson påpeker som en styrke med systemet. En kan sitere intervjuperson på følgende: «Det er viktig å få med at det ikke er nødvendig for alle prosjekterende å begynne i nivå 200, men faktisk kanskje rett i 300».

ØE valgte å endre navnet til MMI200 da prosjekteringsledelsen mente at eksisterende navn var lite beskrivende. Prosjekteringsleder ønsket tydeligere overgang mellom konseptutvikling og detaljprosjektering. Ifølge dokumenter og intervju la ØE til beskrivelsen *MMI200 – Ferdig konsept, klar til prosjektering*. Dette beskriver at en har kommet til stadiet der konseptuell løsning er bestemt. Videre utvikling av prosjekteringsleveransen vil være å detaljprosjekterte løsningen til eksakt plassering og størrelse.

Svakheter:

Intervjuperson mener at det er for generelle modenhetsnivåer på dette prosjektet. MMI ville vært mer anvendbart hvis nivåene var skreddersys etter ØEs egne metoder. Det påpekes at navn og innhold på nivåene ikke alltid er nok beskrivende. Her ønsker intervjuperson at prosjekterende og produksjon jobber tettere for å etablere universelle nivåer. Dette skal bidra til bedre flyt i kommunikasjon mellom prosjektering og produksjon.

Soner

Styrker:

Observasjoner gjennomført i forbindelse med prosjekteringsmøtene viser at prosjekteringsgruppen forholder seg til de ulike sonene. Dette skyldes ikke MMI, men at sonene er tydelige grensesnitt for flesteparten av bolig- og leilighetsprosjekter. Det er derfor er naturlig å omtale sonene i tradisjonell prosjektering og inndelingen er dermed lett å forholde seg til.

Svakheter:

Intervjuperson beskriver soneinndelingen som veldig generell og overordnet. En mer tilpasset og gjennomtenkt soneinndeling vil være mer fordelaktig. Eksempelvis forteller intervjuperson at et prosjekt med 50 leilighet, i seg selv, beskriver hva som kreves av de ulike fagene. Dermed burde soneinndeling være mer systemfokusert. Infrastruktur inn i bygget påpekes som det første som må etableres i prosjektet. Dette er et system som burde inngått i sone 1 – Grunn og Fundament. Intervjuperson mener at slik tilnærming til er noe flere faser av byggeprosjektet kan dra nytte av.

I observasjoner kommer det frem at soneinndeling ikke er tilstrekkelige. Dette skyldes at prosjekteringen har behov for avgjørelser og beregninger fra andre soner enn den som i øyeblikket prosjekteres. Ved Sjøgata Panorama opplevde en at lastberegninger og søyleplasseringer i Sone 3 – Leilighetsbygg var avgjørende for dimensjonering og plassering av fundamenter i Sone 1 - Grunn og Fundament.

Prosjekteringsleveranser

Styrker:

Gjennom observasjoner kommer det frem at prosjekterende holdes tilbake når det gjelder levering av prosjekteringsleveranser. Dette skyldes at prosjekteringsleveranser som prosjekterende er avhengige av ikke har oppnådd tilstrekkelig modenhetsnivå. Intervjuperson påpeker at dette har vært spesielt nyttig i kontroll av arkitekt og RIBtre

Svakheter:

Observasjoner og gjennomgang av e-postdokumenter viser at det er stor variasjon mellom tidspunkt ulike prosjekterende leverer listen over prosjekteringsleveranser. Se Tabell 4-1. En årsak til dette er ifølge observasjoner dårlig kommunikasjon mellom prosjekteringsleder, BIM-koordinator og prosjekterende. Intervjuperson påpeker at planleggingen av prosjekteringsleveranser burde vært gjennomført på starten av prosjektet. Observasjoner viser at prosjekteringsleveranser blir planlagt i prosjekteringsmøter noe som påvirker etableringen av fremdriftsplan.

Tabell 4-1: Mottakelse av prosjekteringsleveranser

Disiplin:	Leveransetidspunkt:	Revisjoner:
ARK	05.11.20	-
RIBtre	Ikke levert	-
RIBbetong	Ikke levert	-
RIBstål	Ikke kontrahert	-
RIVA	30.10.20	05.11.20 12.11.20
RIE	Ikke kontrahert	-
RIV	Ikke kontrahert	-

Fremdriftsplanlegging

Styrker:

Det er ikke gjort noen funn som viser styrker med ØEs fremdriftsplanlegging. Dette skyldes at fremdriftsplan, møte for planlegging etc. ikke er gjennomført.

Svakheter:

Etter gjennomgang av dokument for fremdriftsplanlegging vises det at prosjekteringsgruppen ikke har utarbeidet en overordnet fremdriftsplan i henholdt til hva som var planlagt. Intervjuperson forteller at fremtidsplanlegging er noe som skulle vært gjort i tidligfase av prosjektet med enda mer søkelys på MMI. «Da vil ting bli riktig» ifølge intervjuperson. I observasjon av prosjekteringsmøter kommer det frem at prosjekteringsgruppen har en tendens til å fravike det å etablere en overordnet fremdriftsplan. Dette skyldes at prosjekteringsledelsen tilrettelegger for møte-til-møte-planlegging. Observasjoner viser at en svakhet tilknyttet dette er usikkerhet rundt prosjekteringsmøtets behov for aktørenes tjenester. Det oppstår også usikkerheter tilknyttet møtets agenda. Prosjekterende må huske tilbake til hva som ble avtalt sist møte, noe som ikke lar seg gjøre for de prosjekterende som ikke var delaktige i tidligere møter.

4.3. Oppfølging av MMI

4.3.1. Entreprenørs oppfølging

Gjennom observasjoner kommer det frem at ØE følger opp prosjekterende i prosjekteringsmøter. I møtene er det faste rutiner for gjennomgang av hva prosjekterende har gjennomført mot planlagt prosjektering. MMI er benyttet som et hjelpemiddel i planlegging og oppfølgingen for å adressere utviklingen til de prosjekterende.

Når prosjekteringsleveranser er overlevert til entreprenør gjennomføres en internkontroll. Internkontroll går ut på at angitte modenhetsnivåer blir kontrollert mot modenhetsnivåbeskrivelsene gitt av Fløisbonn et al. (2018). I tillegg ser prosjekteringsleder over modellene sammen med ansvarlig for utførende for å se om modellen inneholder rett informasjon. BIM-koordinator kontrollerer kollisjoner og tilpasser grensesnitt kontinuerlig gjennom MMI-nivåene. Dette selv om MMI300 er stadige når modellene går gjennom kollisjonstesting. Dette er en støttefunksjon opp mot prosjekterende slik at de kontinuerlig forsikres om at modell har korrekte koordinater og at det ikke foreligger åpenbare feil.

4.3.2. Styrker og svakheter med oppfølging

Styrker

Observasjoner viser at en fordel med møte-til-møte-planlegging er at kortsiktig oppfølging av prosjekteringen enkelt lar seg gjennomføre ved kontroll av hva som var planlagt i tidligere møter.

Svakheter

Dokumenter viser at det ikke blir utarbeidet noen overordnet milepælsplan for modenhetsutvikling slik som planlagt. Intervjuperson påpeker at en fremdeles er i tidligfase i prosjekteringen, og en har derfor ikke tilegnet seg erfaringer rundt oppfølging ved bruk av MMI. Det kommer frem i prosjekteringsmøter at modenhetsnivåer benyttes i møte-til-møte-planleggingen. Dette for å definere hvilken modenhet som er, slik at de har grunnlag for å kontrollere i senere møter.

5. Diskusjon

I dette kapitlet er funn vurdert opp mot teori og diskutert. Dette er gjort ved å knytte aktuelle funn og relevant teori opp mot de ulike punktene i MMI-rammeverket. Diskusjonen av funn og teori er presentert og satt i kontekst med tilhørende forskningsspørsmål. Dette medfører at leser kontinuerlig skal ha mulighet til å vurdere innholdets betydning opp mot forskningsspørsmål. Diskusjonen gir det nødvendige grunnlag for å forstå resonnementer og slutninger som trekkes i konklusjonen.

5.1. Forberedelser til bruk av MMI

5.1.1. Entreprenørs forberedelser

ØEs fremgang for involvering av prosjekterende og UE avhenger av når prosjekteringsgruppen opplever behov for involvering. En konsekvens av dette er at grensesnittproblematikk utsettes til senere prosjekteringsmøter. Dette er uheldig for prosjekteringsprosessen da det medfører svinn som forkorter tid mellom prosjektering og produksjon. Eikeland (1998) viser at kostnaden for prosjektering blir høyere jo nærmere prosjekteringen nærmer seg produksjon. Dette skyldes at prosjekteringen fastsetter avgjørelser i andre grensesnitt som potensielt må endres på grunn av forsinkelser i tidligere avhengige grensesnitt. Avhengighet avdekkes i MMI gjennom lappeplanlegging av prosjekteringsleveranser (Styrvold et al., 2019; Fløisbonn et al, 2018). Styrvold et al. (2019) anbefales å involvere alle prosjekterende i et oppstartsmøte for å forankre strategien for prosjektering. Dette innebærer at en i felleskap kan avdekke når behov for involvering finner sted. Intervjuperson påpekte også at ØE ser nødvendigheten av tidlig involvering i fremtidige prosjekteringssamarbeider.

I kapittel 3.3.2 anbefaler Styrvold et al. (2019) at prosjekteringsgruppen felles gjennomgår tiltenkt bruk av MMI. Styrvold et al. (2019) beskriver derimot ingen spesifikk form for opplæring av systemet. I kapittel 4.1.1 blir det beskrevet at ØE fortløpende opplærer prosjekterende ved involvering, og ikke samlet. Det kan derimot diskuteres om prosjekteringsgruppen ville fått en bedre fellesskapsfølelse om opplæring hadde blitt gjennomført samlet. En alternativ mulighet er tidlig involvering av prosjekterende, fortrinnsvis i starten av prosjektet. Deretter må prosjekterende som ikke er medvirkende i tidlig prosjektering settes «til side» frem til behov oppstår. Dette er noe som intervjuperson mener kommer til å bli praktisert i fremtiden.

Det kommer frem i kapittel 4.1.1 at ØE planlegger ukentlige møtesykluser, og at møtehyppigheten må tilpasses ettersom hvor kompleks prosessen er. Dette samfaller med illustrasjon av kommunikasjonsbehov (Figur 3-3) ved øking i oppgavekompleksiteten (Knotten et al., 2015). Det at ØE planlegger å gjennomføre prosjekteringsmøter ved hjelp av Microsoft Teams, gjør det mulig for prosjekteringsgruppen å kommunisere gjennom BIM-modell. Dette kan ansees som digitale ICE-sesjoner og anbefales også av Nøklebye og Lædre (2018). Sebastian (2007) påpeker at det er prosjekteringsleder som er ansvarlig for en vellykket prosjektering. For å sikre en vellykket prosjektering legger derfor prosjekteringsleder i ØE til rette for hyppigere prosjekteringsmøter, men understreker at for mange møter vil være kontraproduktivt. Et viktig tiltak er at MMI-terminologien aktivt benyttes i prosjekteringen. Dette forbedrer kommunikasjon og forankrer tilstedeværelsen av MMI i prosjektet.

5.1.2. Styrker og svakheter med forberedleser

Styrker

Det at ØE legger til rette for prosjektering gjennom felles modell er i henhold til anbefalingene av Abou-Ibrahim og Hamzeh (2016). Dermed legges det til rette for å utnytte potensialet i BIM og en systematisert og strømlinjeformet prosjektering etableres (Svalestuen et al, 2017; Abou-Ibrahim og Hamzeh, 2016; Tauriainen et al., 2016). Som nevnt tidligere er det ikke gjennomført felles gjennomgang for hvordan prosjekteringsgruppen skal strukturere BIM-basert prosjektering som anbefalt av Tauriainen et al. (2016) og Styrvold et al. (2019). Det er derimot arrangert møter med hver enkelt prosjekterende, der strukturering av fildeling og hvordan prosjekterende skal kommuniserer MMI er gjennomgått. Dette kan være tilstrekkelig i henhold til anbefalinger, og i prosjekteringsmøter får prosjekteringsleder kontrollert at informasjonsdeling gjennomføres likt av prosjekterende.

Svakheter:

ØE er en mellomstor entreprenør som medfører at ØEs aktører har overlappende oppgaver på flere prosjekter. En konsekvens av dette er at prosjekteringsledelsen ikke har mulighet til å følge opp prosjekterende i den grad som behøves. Det er prosjekteringsleders ansvar å sikre en vellykket prosjektering ifølge Sebastian (2007), og Svalestuen et al (2015) påpeker at en samlet prosjekteringsgruppe er et nøkkelelement for suksess.

For å forankre MMI i prosjektering har ØE arrangert informasjonsmøter for prosjekterende og planlagt aktivt å bruke metodeterminologi i prosjekteringsmøtene. Det påpekes i kapittel 4.1.2 at holdningen til MMI kan variere da det er tidskrevende for prosjekteringsgruppen å sette seg inn i nye rutiner. For å motvirke kulturell treghet i prosjekteringsgruppen anbefaler Nøklebye og Lædre (2018) at alle prosjekterende burde involveres i defineringen av bruksområdet for MMI. Dette fører til at prosjekterende føler eierskap og tilhørighet til prosessen, noe som er nøkkelementer for å oppnå en vellykket prosjekteringsprosess ifølge Svalestuen et al. (2015). Det påpekes i kapittel 4.1.2 at ØE i fremtiden burde forplikte prosjekterende til bruk av MMI gjennom kontrakter. Dette er noe Styrvold et al. (2019) anbefaler for ressurs- og tidskrevende aktiviteter.

5.2. Bruk av MMI

5.2.1. Entreprenørs bruk

Modenhetsnivåer

Det er valgt å benytte et utvalg av Fløisbonn et al. (2018) nivåer. Bakgrunnen for dette var ØEs reduserte behov for modenhetsnivåer da konseptet var utviklet fra tidligere. Nøklebye og Lædre (2018) påpeker at et suksesskriterier for implementering av MMI er å velge ut det i rammeverket som er nødvendig for prosjektet. Ved å unnlate å benytte MMI100 og MMI500 minimerer en omfanget av hva prosjekterende behøver å lære seg. For kompleks implementering av metode kan gi negative holdninger hos prosjekterende. Da må en, som intervjuobjekt påpeker, jobbe med holdningsendring. Å forklare prosjekterende at bruk av metoden ikke er standardisert, men skreddersydd prosjektet, vil kunne bidra til å forsterke ønsket om bruk.

Garcia et al. (2018) påpeker at ulike aktører kan benytte egendefinerte versjoner av MMI-nivåene, men at dette kan kompliserer kommunikasjonen i metodeverket da ulike aktører har ulik oppfatning av hva modenhetsnivåer definerer. Fløisbonn et al. (2018) anbefaler på sin side at inndelingen av modenhetsnivåene er prosjektilpasset. Dette innebærer at en definerer egne prosjektspesifikke nivåbeskrivelser, og/eller har en mer detaljert nivåinndeling på prosjektet. Derimot kan en for detaljert nivåinndeling kunne føre til problemer som Hooper (2015) og Nøklebye og Lædre (2018) beskriver om LOD. ØE unngår disse problemene ved å basere seg på Fløisbonns et al. (2018) standardiserte nivåer, og ved bruk i henhold til Styrvold et al. (2018) anbefaling ved implementering av MMI.

Soneinndeling

Funn viser at soneinndelingen til Sjøgata Panorama er i henhold til anbefalingene fra Fløisbonn et al. (2018). Soneinndelingen er generell da den tar for seg overordnede soner knyttet til stegvis fremdrift i produksjonen av prosjektet. Dette tyder på at planlegging av soner er gjort med tanke på fordeler i produksjon kontra prosjektering. Kapittel 3.3.2 beskriver at soneinndelingens hensikt er å få en segmentert inndeling av prosjektet tilpasset prosjekteringen (Styrvold et al., 2019).

Prosjekteringsleveranser

I kapittel 4.2.2 kommer det frem at ØE planlegger å definere prosjekteringsleveransen sammen med utførende. Det er prosjekteringsleder som velger hvilke leveranser som skal prosjekteres, men prosjekterende skal utarbeide forslag til leveranser. Slik planlegging vil kunne gi effekter som Svalestuen et al. (2015) definerer i kapittel 3.1.2. Nøkkelementene for en suksessfull prosjekteringsprosess er bl.a. å skape samhold, tilhørighet og eierskap hos prosjekterende. Dette er elementer prosjekterende vil føle hvis de opplever å jobbe med arbeidsoppgaver de selv har definert, og mener de er avhengige av. Hvordan ØE planlegger prosjekteringsleveranser er i henhold til anbefalingene av Fløisbonn et al. (2018) og Styrvold et al. (2019).

Det som viser seg av kapittel 4.2.1 at dårlig kommunikasjon mellom prosjekteringsledelsen og prosjekteringsgruppen fører til forvirring blant prosjekterende. Resultatet av dette er at et fåtall av de prosjekterende leverer forslag til leveranser, og skyldes at prosjekteringsledelsen i for stor grad tilrettelegger for møte-til-møte-planlegging av leveranser.

Det var planlagt at prosjekteringsleveranser skulle lastet opp i felles BIM. Dette er i henhold til Svalestuen et al. (2017)s teori for maksimal utnyttelse av BIM-basert prosjektering. ØE opplever en mer direkte og strømlinjeformet prosjektering som skyldes at prosjekterende automatisk blir varslet når prosjekteringsleveranser med oppdatering av modenhetsnivå foreligger. Dette samsvarer med beskrivelsene av prosjekteringsprosess til Abou-Ibrahim og Hamzeh, (2016) og Tauriainen et al. (2016).

Fremdriftsplanlegging

Det kommer frem av kapittel 4.2. at ØE ønsker å planlegge prosjekteringen ved å benytte lappeplanlegging som beskrives i kapittel 3.3.3 av Fløisbonn et al. (2018) og Styrvold et al. (2019). Bakgrunnen for fremdriftsplanleggingen ligger i å anvende de spesifikke sonenes

prosjekteringsleveranser. Slik skal prosjekteringsgruppen kunne etablere en lappeplan for hver sone der alle prosjekterende kan se når egne modeller skal oppnå ulike modenhetsnivåer.

5.2.2. Styrker og svakheter ved bruk

Modenhetsnivåer

Styrker:

Prosjekterende oppfatter at beskrivelsene av modenhetsnivåene er generelle og oversiktlige, noe som medfører en utviklende trend i å uttrykke modellstatus med modenhetsnivåer. Dette viser at MMI ikke er et for teoretisk og detaljorientert som eksempelvis LOD. Ikke bare i forhold til modellstatus, men også for generell prosjektering føler prosjekterende at modenhetsnivåene kan beskrive utvikling. Dermed har MMI utviklet seg fra modellbasert bruk til prosessbasert bruk.

I ØEs prosjektering har en valgt å benytte nivåene Fløisbonn et al. (2018) beskriver. I forhold til prosjektspesifisering av nivåene har prosjekteringsledelsen kun valgt å spisse forståelsen av MMI 200 – nivået, slik at nivået blir mer intuitivt for prosjekterende. Det anses som en styrke av prosjekterende at modenhetsnivåene er generelle definisjoner, og ikke rigide standardiseringer.

ØE tilpasser behovet for kontroll av modenhet etter hvilken oppgavekompleksitet ulike prosjekterende innehar. I kapittel 4.2.2 påpekes det at det er unødvendig at prosjekterende definerer alle modenhetsnivåene for en aktivitet som ikke behøver det. Det vil være varierende årsaker for at enkelte prosjekterende vil kunne begynne i et senere modenhetsnivå enn 200, og slutte i et tidligere modenhetsnivå enn 400. I kapittel 3.3.2 styrkes dette argumentet ved at Nøklebye og Lædre (2018) viser til at en i et hvert prosjekt kun burde inkludere de delene av MMI som faktisk behøves.

Svakheter:

I kapittel 4.2.2 kommer det frem at intervjuperson er usikker på om de generelle nivåene vil benyttes i fremtidig bruk av MMI. ØE vurderer å definere egne nivåer noe som kan være et tiltak for å forsterke bedriftens egen verdi av systemet. En må i slike egendefineringer se at en overgang fra standardisert til bedriftsspesifikke beskrivelser kan medføre problemer. I kapittel 3.3.2 beskriver Garcia et al. (2018) at bedriftsspesifikke nivåer kan by på utfordringer når det gjelder kommunikasjon. Fløisbonn et al. (2018) og Styrvold et al. (2018) anbefaler mer prosjektspesifikke modenhetsnivåer basert på de generelle nivåene. Det ØE kan se nærmere på er nivåer mellom

nivåene til Fløisbonn et al. (2018). Slike mellomnivåer kan bedre kommunikasjon hos prosjekterende, og være hjelpelig til å knytte sammen de ulike fasene av prosjekteringen.

Soneinndeling

Styrker:

Det kommer frem i kapittel 4.2.2 at en fordel med etablert soneinndeling er at de ulike sonene er enkle å analysere da de er generelle for flere typer prosjekt. Soneinndelingen er i tråd med Fløisbonn et al. (2018) definering av inndeling av prosjekt, og en unngår ved dette en for detaljert inndeling. For detaljerte inndelinger fører til at prosjekterende fokuserer for mye på enkeltobjekters modenhetsutvikling, og MMI kan da gå over til et mer LOD-lignende rammeverk. I kapittel 3.3.2 avdekker Hooper (2015) og Nøklebye og Lædre (2018) at en LOD-basert modellinndeling vil bli for detaljert, noe som fører til at prosjekterende vegrer seg for bruk.

Svakheter:

Det kommer frem i kapittel 4.2.2 at prosjekteringsgruppen forholder seg til de ulike sonene, men ikke grunnet MMI. Årsaken er at en konsentrerer seg om prosjektering mot produksjon, og da bygger soneinndelingen opp om dette. Det kommer frem at fokus på valg av soneinndeling ikke er blitt godt nok jobbet med. Dette har gitt konsekvenser da en opplever at prosjekterende har informasjonsavhengighet til prosjekteringsleveranser i tidligere og senere soner.

I kapittel 3.3.3 kommer det frem at systeminndeling er et alternativ til soneinndeling. Å velge systeminndeling medfører at en konsentrerer seg om grensesnittutfordringer mellom disipliner fremfor grensesnitt mellom deler av prosjektet. Erfaringer intervjuperson har tilegnet seg fra MMI taler i fordel en mer systembasert inndeling. Dette fordi det er viktig å vite hva slags informasjon de ulike fagområdene behøver for å utvikle egen prosjektering.

Når en reflekterer om sone- versus systeminndeling virker anvendt inndeling på Sjøgata Panorama som en svakhet. Grunnen til dette er en for generisk inndeling som ikke fanger oppmerksomheten til prosjekterende. Å dele inn prosjektet i systemer som baseres på avhengighet kan være et alternativ. Dette vil medføre at en får strukturert prosjekteringen med fokus på arbeidsflyt. Ved å kombinere systeminndeling med prosjektnedbrytningsstruktur kan en få oversikt over de ulike systemer som innehar avhengighet. Videre kan en nedbryte systemene i arbeidspakker som vil vise

hvilke disipliner som systemet er avhengig av. Dette på tross av at disiplinen er involvert i en tradisjonelt senere sone enn det som skal prosjekteres.

Å planlegge prosjekteringen med systeminndeling kan gi positive fortrinn for prosjekteringsleder. Sebastian (2007) sier det er prosjekteringsleder som stilles til ansvar for prosjekterings suksess. En av de vanskeligste oppgavene for prosjekteringsledere er å avdekke ulike aktiviteters kompleksitet og behov for kommunikasjon, som vises i Figur 3-3. Ved å nedbryte prosjektet i systemer, og deretter analysere arbeidspakkenes kompleksitet og behov, kan prosjekteringsgruppen i felleskap etablere en mer forutsigbar prosjekteringsprosess. Dette ved å avklare viktighet av prosjekteringsleveranser og definerer når prosjekterende skal involveres.

Det er fremdeles viktig å planlegge prosjekteringen etter produksjonen da Eikland (1998) viser at prosessene er overlappende. Derfor er det viktig å planlegge rekkefølgen av systeminndelingen slik som intervjuperson påpeker i kapittel 4.2.2. Eksempelvis så kan «*Infrastruktur inn til bygg*» være et system som definerer behov for informasjon og disipliner som legger til rette for produksjonsstart på prosjekter.

Prosjekteringsleveranser

Styrker:

Inndelingen av prosjekteringsleveranser har vært hjelpelig for prosjekteringsleder da funn i kapittel 4.2.2 viser at systemet har hindret prosjekterende i å produsere mer enn nødvendig. Dette er i trå med teorien om at MMI skal være et rammeverk for en strukturert BIM-basert prosjektering. Det viser seg at det er lettere å kontrollere da beskrivelsene ikke er for teoretiske, noe som kan være en fallgrube med LOD ifølge Hopper (2015) og Nøklebye og Lædre (2018).

Svakheter:

Det at prosjekterende ikke leverer lister med egne prosjekteringsleveranser og avhengighetsbehov påvirker planleggingen av MMI. Intervjuperson informerte at prosjekteringsfremdriften var planlagt å defineres gjennom prosjekteringsleders erfaringer og prosjekterende behov. Den reelle praksisen fører til at nøkelementene som beskrives av Svalestuen et al. (2015) vanskeligere oppnås. I tillegg gjennom en mer møte-til-møte-basert planlegging blir det vanskeligere for prosjekteringsgruppen å definere hvor langt de er kommet i prosessen.

Det kommer frem i kapittel 4.2.2 at en årsak til dårlig planlegging av prosjekteringsleveranse skyldes dårlig kommunikasjon i prosjekteringsgruppen. Tauriainen et al. (2016) argumenterer for at lite kunnskap om BIM-baserte prosesser kan være en fallgrube i prosjektplanlegging. Dette fordi ledelsen ikke har nok kunnskap om utfordringer og omfang av slike prosesser. Funnene viser at prosjekteringsledelsen ikke har erfaringer med MMI fra tidligere, og at prosjekteringsledelsen ikke har satt seg nok inn i metoden. Dette er en svakhet som vil forbedres til senere prosjekter da prosjekterende opparbeider seg mer erfaring om MMI og BIM-baserte prosesser.

En annen svakhet er ØEs gjennomføring av prosjekteringsleveranseplanlegging. Styrvold et al. (2019) beskriver at bruken av MMI og dens omfang burde gjennomføres ved starten av prosjektet. Prosjekteringsgruppen burde på et tidligere tidspunkt møtes for felles gjennomgang av MMI. Som nevnt tidligere var dette den tiltenkte anvendelsen, men funnene viser at prosjekteringsleveransene i større grad blir planlagt og forankret i prosjekteringsmøter. Møte-til-møte-planlegging medfører dermed at det ikke er etablert noen fremdriftsplan. Dette gir konsekvenser for den tiltenkte fremdriften og oppfølgingen av prosjekteringen.

Fremdriftsplanlegging

Styrker:

En kan ikke trekke frem noen styrker med hvordan ØE benytter MMI for fremdriftsplanlegging da fremdriftsplan ikke er laget. Det kommer frem i kapittel 4.2.2 at ØE ønsket å etablere fremdriftsplaner for hver sone. Fremdriftsplanen skulle struktureres etter prosjekteringsleveransenes rekkefølge og modenhetsnivåer skulle markeres som milepæler. Dette oppsettet er etter Fløisbonn et al. (2018) beskrivelser og oppsettet ville tilrettelagt for involvering av prosjekterende.

Svakheter:

Den største svakheten er at fremdriftsplan ikke er utarbeidet. Det kommer frem av kapittel 4.2.2 at fremdriftsplanlegging gjennomføres i prosjekteringsmøter, og en planlegger da kun for leveranser til neste møte. Det kommer frem at prosjekterende som ikke er involvert i prosjekteringsmøtene ikke deltar, men kan ringes opp hvis det skulle være behov. En konsekvens av dette er at prosjekterende har vanskeligere for å følge fremgangen til prosjektering og forberede seg til prosjekteringsmøter.

Det kan diskuteres om møte-til-møte-planlegging er noe som fører til samhold i prosjekteringsgruppen. I kapittel 3.1.2 argumenteres det for at involvering, eierskap, samhold, etc. er essensielt for et vellykket prosjekteringssamarbeid. Det er av oppfatning av at møte-til-møte-planlegging fører til tett oppfølging av enkelte prosjekterende, mens majoriteten ikke får tilstrekkelig oppfølging. Å følge MMIs oppsett for fremdriftsplanlegging, vil ifølge kapittel 3.3.3, tilrettelegge for en mer transparent prosess der alle prosjekterende involveres. Via et slikt oppsett ville prosjekterende selv vært involvert i planleggingen av egen nødvendighet. I tillegg ville prosjekteringsgruppen opplevd mer effektivitet i prosjekteringsmøtene da alle involverte møter opp mer forberedt enn det nåværende planlegging legger til rette for.

I forberedelsene har ØE bestemt at involvering av prosjekterende skal gjennomføres etter behov. Funnene viser at slik praksis i samspill med møte-til-møte-planlegging fører til at en ikke klarer å planlegge fremtidige behov. Dette resulterer i at når andre prosjekterende etterspør ikke-kontraherte prosjekterende blir problemet utsatt til senere møter. Dette medfører ugunstige forsinkelser i fremdriften.

5.3. Oppfølging av MMI

5.3.1. Entreprenørs oppfølging

Det kommer frem i kapittel 4.3.1 at oppfølging gjennomføres i ukentlige prosjekteringsmøter. Dette er i henhold til anbefalingene til Styrvold et al. (2018). I prosjekteringsmøtene skal utført prosjektering kontrolleres mot planlagte modenhetsnivåer. Dette er lignende med tradisjonell oppfølging som beskrives av Fleming (2010). En fordel med bruken av modenhetsnivåer er at en fjerner den subjektive formeningen prosjekterende har til egen fremdrift.

I tillegg til oppfølging i fellesmøter skal det gjennomføres internkontroller av prosjekteringsleveranser. Dette er et viktig hjelpemiddel for entreprenør da en får redusert usikkerhet knyttet til leveransene. Det å gjennomføre kontroller ved koordinering av BIM-leveranser er en støttende funksjon som sikrer at prosjekterende følger riktig oppsett for deling av BIM.

5.3.2. Styrker og svakheter ved oppfølging

Styrker:

Det kommer frem i kapittel 4.3.2 at en fordel med møte-til-møte-planlegging er at metoden er tilstrekkelig for oppfølging i et kortsiktig perspektiv. Dette fordi det er lett å kontrollere hvordan utviklingen i modenhet har vært fra forrige møte.

En styrke med rutinene for oppfølging av modenhetsnivå er at ØE benytter seg aktivt av BIM i prosjekteringsmøtene. ØE definerer ikke dette selv som ICE-sesjoner, men i praksis gjennomføres deler av prosjekteringsmøtene som slike sesjoner. Dette er i henhold til Nøklebye og Lædres (2018) anbefalinger. Svalestuen et al. (2017) beskriver slike kommunikasjonsmetoder som den mest effektive for både synkron og asynkron prosjekteringsprosesser.

Svakheter:

Det er utfordrende å tilrettelegge for oppfølging når det ikke er utviklet en fremdriftsplan. Dette fordi det ikke er planlagt milepæler som en kan kontrollere prosjekteringsleveransenes modenhetsnivå mot, som oppsettet til Fløisbonn et al. (2018) anbefaler. Det er lett å forklare prosjekterende at prosjektering må ha utviklet modenhetsnivået til neste møte. Det kommer derimot frem i kapittel 4.3.2 at prosjekterende har en tendens til å ikke levere planlagte leveranser til planlagt tid. Det er da en fallgrube at en baserer fremdriften på muntlige enigheter om fremdrift i prosjekteringsmøter. Ved slik planlegging får en ikke mulighet til å legge inn noen buffer, som er noe funnen viser at ØE ønsker å gjøre på bakgrunn av deres erfaringer.

Det er ikke funnet noen teori som støtter ØEs oppfølging av BIM-basert prosjektering. Samset (2014) er sitert i kapittel 3.1.1 med at bakgrunnen for ekstra investering i utviklingsfasen er for å forminske usikkerhet i gjennomføringsfasen. Det er i denne fasen Eikland (1998) viser at størst forekomst av akkumulerte kostnader ligger. Ved usikker prosjektering, uten tilstrekkelig planlegging og oppfølging, kan en påstå at selv ved ekstra investering vil en ikke kunne redusere usikkerhet i ønskelig mengde før gjennomførelse. Slik vil en dermed risikere å øke kostnader i prosjektering, samtidig som uønskelige økninger i kostnader i gjennomføringsfasen.

6. Konklusjon

I dette kapitlet presenteres en oppsummerende konklusjon av ØEs bruk av MMI ved Sjøgata Panorama. Videre presenteres det et utvalg av de mest fremtredende styrker og svakheter ved entreprenørs forberedelser, bruk og oppfølging av MMI. Til slutt er det gitt forslag til videre forskningsarbeid knyttet til MMI.

6.1. Hvordan entreprenør benytter MMI

Entreprenør forbereder bruk av MMI ved å informere prosjekterende når de involveres i prosjektet. Det er fastsatt ukentlig møtefrekvens for prosjekteringsgruppen over Microsoft Temas. I tillegg har entreprenøren lagt til rette for BIM-basert prosjektering gjennom prosjekthotell skreddersydd for informasjonsdeling av modell og modenhetsutvikling. Det er derimot ikke forankret MMI gjennom kontrakter.

For å kunne måle modenhetsutvikling har ØE benyttet et utvalg av modenhetsnivåene til Fløisbonn et al. (2018). MMI100 er ikke benyttet da konseptet allerede var utviklet før ØE overtok prosjekteringen, og MMI500 er utelatt da prosjekteringsledelsen anser «Som-Bygget» som unødvendig på dette prosjektet. ØE har valgt å konkretisere modenhetsnivået MMI200 ved å utvide navnet til MMI200-Ferdig konsept, klar til prosjektering. Prosjekterende er ikke involvert i utvelgelsen av modenhetsnivåer.

Det ble bestemt at prosjektet skulle benytte soneinndeling fremfor systeminndeling. Deretter ble prosjektet delt inn i sonene 1) Grunn og Fundament, 2) Parkeringskjeller og 3) Leilighetsbygg. Sonene anses som generelle og var tiltenkt å knytte sammen prosjektering og produksjon.

Prosjekteringsleveransene blir planlagt fortløpende i prosjekteringsmøtene og planlegges ikke for lengre intervaller enn møte-til-møte. I planleggingen blir prosjekterende involvert i å avdekke avhengigheter og hva som er nødvendig for å videreutvikle egne modeller. Det er prosjekteringsleder som bestemmer hva som skal utvikles til neste møte, og det er slik modenhetsutviklingen blir kontrollert.

ØE etablerer ikke noen fremdriftsplan da det ikke planlegges prosjekteringsleveranser i et lengre perspektiv enn uke til uke. Dette medfører at oppfølging forholder seg til en møte-til-møte basert oppfølging.

6.2. Styrker og svakheter med entreprenørs bruk av MMI

Det kommer frem at styrkene ved forberedelsene er at prosjekterende informeres og opplæres i metoden fra det øyeblikket de involveres i prosjektet. Observasjoner viser at tilretteleggingen for BIM-basert prosjektering har vært viktig for implementeringen av MMI. Prosjekterende er derimot ikke involvert i defineringen av bruket, noe som medfører at de ikke har dyptgående kjennskap til innholdet i rammeverket. Det argumenteres for at dette er et viktig grep for at prosjekterende skal føle større bruksnytte av metoden. En kan hevde at ØE har tilrettelagt for bruk av MMI, men at forberedelsene ville vært styrket ved å involvere prosjekterende i utarbeidelsen av rammeverket.

Det er kun valgt å benytte et utvalg av det standardiserte rammeverkets modenhetsnivåer. Det kommer frem i kapittel 4.2.1 at ØE ikke ser behovet for bruk av MMI100 og MMI500. Dette samsvarer med teori da det presiseres at et for detaljert rammeverk med unødvendig informasjon medfører at prosjekterende vegrer seg for å ta metoden i bruk. Å minske antall modenhetsnivåer fremkommer derfor som en styrke i bruken av MMI. I intervju kommer det frem at modenhetsnivåene er for generelle og ikke tilpasset entreprenørs systemer. Det vil være faremomenter ved å skreddersy modenhetsnivåene for mye etter egne ønsker. En må være påpasselig så egne definisjoner ikke er i strid med det offisielle rammeverket.

ØE har benyttet en generell inndeling av prosjektsoner. Dette har medført et tydelig skille mellom de ulike sonene og soneinndelingen fremstår ikke for detaljert for prosjekterende. Det konkluderes dermed at en overordnet soneinndeling er en styrke da en forhindrer en for detaljfokusert planlegging. Det kommer frem at soneinndelingen på prosjektet ikke i stor nok grad tar hensyn til grensesnittutfordringer mellom de ulike sonene. Det påpekes både i resultatet og i teori at systembasert inndeling kan forenklet planleggingen. Å velge en for generell soneinndeling kan derfor ses på som en svakhet i forhold til å velge en teknisk systeminndeling.

Å kommunisere fremdrift i prosjekteringen gjennom å forklare modenhetsutvikling på prosjekteringsleveranser har vært en styrke. Det kommer frem i kapittel 4.2.2 at dette har forhindret unødvendige iterasjoner og dette er et tegn på vellykket kommunikasjon. En utfordring med planleggingen av prosjekteringsleveranser er at det gjennomføres fortløpende i prosjekteringsmøter. En får ingen forutsigbar prosjekteringsprosess og en klarer ikke å etablere en overordnet fremdriftsplan, da behov i prosjekteringen ikke avdekkes før behovet oppstår. Dette medfører forsinkelser i prosessen, og er en av de mest fremtredende svakhetene med bruken av MMI.

Å følge opp møte-til-møte-planlegging er ikke noen utfordring da en lett klarer å identifisere om planlagt modenhetsutvikling fra forrige møte er oppfylt. Det foreligger dermed en styrke i et kortsiktig perspektiv, men i en prosjekteringsprosess over tid vil det kunne oppstå problemer. En får ikke etablert milepælsplaner som viser prosessens progresjon. Det vil også være utfordrende å planlegge for kompliserte prosjekteringsarbeider som kan behøve buffertid. Strategien for oppfølging medfører også risiko for å ta avgjørelser på et for tidlig tidspunkt slik at en får unødvendige og kostbare iterasjoner i senere prosjektering.

I konklusjonen er kun et utdrag av styrkene og svakhetene ved entreprenørs forberedelser, bruk og oppfølging gjennomgått. I Vedlegg 3 er det en komplett liste med alle styrkene og svakhetene som er beskrevet i rapporten. Det kommer frem av konklusjonen at entreprenørs bruk av MMI har tydelige styrker og svakheter. Fremstillingen av styrker og svakheter burde derfor analyseres slik at bruken av MMI i fremtidige prosjekter kan bære frukter av det som er dokumentert i denne rapporten. Dette vil kunne være hjelpelig i å videre styrke entreprenørs kontroll over BIM-baserte prosjekteringsprosesser ved hjelp av MMI.

6.3. Videre arbeider

Etter å ha analysert hvordan MMI kan benyttes av entreprenører, og sett på hvilken styrker og svakheter slik bruk medfører, vil jeg anbefale å se nærmere på hvordan MMI burde benyttes. Dette kan gi grunnlag for utarbeidelse av en manual som beskriver oppsettet for de ulike punktene i rammeverket.

Videre vil det være interessant å i større grad følge bruken av MMI. Dette burde gjøres ved å intervju flere prosjektdeltagere fra entreprenør, samt intervju andre prosjekteringsaktører som rådgivere og UE.

Det er også interessant å avdekke hvilke ringvirkninger de ulike formene for soneinndeling gir bruken av MMI. Det vil derfor være interessant å kartlegge hvilke fordeler og ulemper system- og soneinndeling gir planlegging av prosjekteringsleveranser og etablering av fremdriftsplan.

Til slutt skal denne rapporten være et utgangspunkt for videre arbeider i utarbeidelsen av konferanseartikkel til IGLC våren 2021.

Referanseliste

- Abou Ibrahim, H., Hamzeh, F., 2018. Managing Design Projects: Methods and Possible Improvements using BIM, Proceedings of International Structural Engineering and Construction. <https://doi.org/10.14455/ISEC.res.2018.37>
- Abou Ibrahim, H., Hamzeh, F., 2017. Design Management: Metrics and Visual Tools. <https://doi.org/10.24928/2017/0234>
- Abou Ibrahim, H., Hamzeh, F., 2016. Enabling lean design management: An LOD based framework. *Lean Construction Journal*.
- Andersen, G., 2019. Valg av forskningsmetode [WWW Document]. URL <https://ndla.no/nb/subjects/subject:19/topic:1:195989/topic:1:195829/resource:1:56937?filters=urn:filter:f3d2143b-66e3-428c-89ca-72c1abc659ea> (accessed 10.22.20).
- Arksey, H., O'Malley, L., 2006. Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology* 8. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Austin, S., Baldwin, A., Li, B., Waskett, P., 2000. Analytical design planning technique (ADePT): a dependency structure matrix tool to schedule the building design process. *Construction Management and Economics* 18, 173–182. <https://doi.org/10.1080/014461900370807>
- Bell, B.S., Kozlowski, S.W.J., 2002. A Typology of Virtual Teams: Implications for Teams: Implications for Effective Leadership and Leadership. *Group and Organization management*.
- BIMforum, 2019. BIMForum - LOD [WWW Document]. URL <https://bimforum.org/lof/> (accessed 11.12.20).
- Bølviken, T., Gullbrekken, B., Nyseth, K., 2010. Collaborative Design Management.
- Chen, P.-H., 2005. Implementation of IFC-based web server for collaborative building design between architects and structural engineers. *Automation in Construction*.
- DeMarco, T., Timothy, L., 1999. *Peopleware: Productive Projects and Teams*, 2nd ed. Dorseth House, New York.
- Denzin, N.K., 2006. *Sociological Methods: A Sourcebook*. Routledge, New York.
- Eikeland, P.T., 1998. En teoretisk analyse av byggeprosessen, Forskningsprogrammet Samspillet i byggeprosessen.
- Ekholm, A., Blom, H., Eckerberg, K., Lownertz, K., Tarandi, V., 2013. BIM – Standardiseringsbehov 67.
- Elmualim, A., Gilder, J., 2013. BIM: innovation in design management, influence and challenges of implementation. *Architectural Engineering and Design Management*.
- Emmit, S., Ruikar, K.D., 2013. *Collaborative design management*. Routledge, Abingdon.
- Engelbø, A., 2020. Intro til metode.
- Engseth, P., 2015. Totalentrepriser førstevalg [WWW Document]. *ByggFakta*. URL <https://www.byggfakta.no/totalentrepriser-forstevalg-88866/nyhet.html> (accessed 11.26.20).
- Eray, E., Haas, C.T., Rayside, D., Golparvar-Fard, M., 2018. A Conceptual Framework for Tracking Design Completeness of the Track Line Discipline in Mass Rapid Transit Projects. *ISARC Proceedings* 252–258.
- Fleming, Q.W., 2010. *Earned value project management*, 4th ed. ed. Project Management Institute, Newtown Square, Pa.

- Fløisbonn, H.W., Skeie, G., Uppstad, B., Markussen, B., Sunesen, S., 2018. MMI – Modell Modenhets Indeks. Oslo.
- Frøslie, K.F., 2019. Korrelasjon [WWW Document]. Korelasjon. URL <https://snl.no/korrelasjon> (accessed 10.22.20).
- Garcia, G., Golparvar-Fard, M., De la Garza, J.M., Fischer, M., 2018. Model Maturity Risk Index Framework for Tracking Progress in Model-Based Engineering. Construction Research Congress 2018.
- Grønmo, S., 2018. Kausalitet [WWW Document]. Kausalitet. URL <https://snl.no/kausalitet> (accessed 10.22.20).
- Gytting, I., Svalestuen, F., Lohne, J., Sommerseth, H., Augdal, S., Lædre, O., 2017. Use of LoD Decision Plan in BIM-projects, in: Procedia Engineering. Presented at the Creative Construction Conference, Primosten, pp. 407–414.
- Hermundsgård, M., n.d. Integrated Concurrent Engineering. Samtidig prosjektering for byggeprosjekter.
- Hooper, M., 2015. Automated model progression scheduling using level of development. Construction innovation.
- Hussein, B., 2016. Veien til suksess: fortellinger og refleksjoner fra reelle prosjektcaser. Fagbokforl, Bergen.
- Johannessen, A., Christoffersen, L., Tufte, P.A., 2016. Introduksjon til samfunnsvitenskaplig metode, 5th ed. Abstrakt Forlag A/S, Oslo.
- Knotten, V., 2018. Building design management in the early stages (Doktorgrad). NTNU, Trondheim.
- Knotten, V., Svalestuen, F., Hansen, G.K., Lædre, O., 2015. Design Management in the Building Process - A Review of Current Literature.
- Kvale, S., Brinkmann, S., 2017. Det kvalitative forskningsintervju, 3rd ed. Gyldendal, Oslo.
- Lædre, O., 2006. Gjøre det selv eller betal andre for jobben.
- McPhee, A., 2013. practical BIM: What is this thing called LOD. practical BIM. URL <http://practicalbim.blogspot.com/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html> (accessed 11.12.20).
- Mejlænder-Larsen, Ø., 2019. A three-step process for reporting progress in detail engineering using BIM, based on experiences from oil and gas projects. Engineering, Construction and Architectural Management 26, 648–667. <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2017-0273>
- Meland, Ø.H., 2000. Prosjekteringsledelse i byggeprosessen Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko? Trondheim.
- Metier, A.S.O., Jermstad, O., Eriksen, L.S., 2013. PROBY. Oslo.
- Miettinen, R., Paavola, S., 2014. Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. Automation in Construction 43, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.03.009>
- Nøklebye, A., Lædre, O., 2018. Enabling Lean Design with Management of Model Maturity - A Study of Maturity-Based Construction Design in Norwegian AEC-Projects. Trondheim.
- Norman, E.S., Brotherton, S.A., Fried, R.T., 2008. Work Breakdown Structures: The Foundation for Project Management Excellence. John Wiley & sons, New Jersey.
- Rolstadås, A., 2020a. WBS – prosjektledelse. Store norske leksikon.
- Rolstadås, A., 2020b. prosjektoppfølgning. Store norske leksikon.

- Sacks, R., Radosavljevic, M., Barak, R., 2010. Requirements for building information modelling based lean production management systems for construction., Automation in Construction.
- Samset, K.F., 2014. Prosjekt i tidligfasen: valg av konsept, 2. utg. ed. Fagbokforl, Bergen.
- Saunders, M., Lewis, P., Thornhill, A., 2009. Reserch methods for business students, 7th ed. Pearson.
- Sebastian, R., 2007. Managing Collaborative Design. Eburon Uitgeverij B.V.
- Solberg, M.G., 2014. Vegvesenet skal tredoble andelen totalentrepriser [WWW Document]. Tu.no. URL <https://www.tu.no/artikler/vegvesenet-skal-tredoble-andelen-totalentrepriser/225954> (accessed 11.26.20).
- Statsbygg [WWW Document], 2018. URL <https://www.statsbygg.no/nytt-fra-statsbygg/nyheter/2018/statsbygg-satser-pa-samspill> (accessed 11.26.20).
- Styrvold, M., Knotten, V., Lædre, O., 2019. Planning the BIM Process in AEC Projects. IGLC.
- Svalestuen, F., Frøystad, K., Drevland, F., Ahmed, S., Lohne, J., Lædre, O., 2015. Key Elements to an Effective Building Design Team. Procedia computer science, 64.
- 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, ITcon.
- Svalestuen, F., Knotten, V., Lædre, O., Lohne, J., 2018. Planning the building design process according to Level of Development. 16-30.
- Tauriainen, M., Marttinen, P., Bhargava, D., Koskela, L., 2016. The effects of BIM and lean construction on design management practices. Procedia Engineering.
- Thompson, J.D., 1967. Organizations in Action: Social Science Bases of Administrative Theory. McGraw Hill, New York.
- Westgaard, H., Arge, K., Moe, K., 2010. Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse. (Byggekostnadsprogrammet). Oslo.
- Yin, R. k, 2018. Case study research and applications, 6th ed. SAGE publications, Los Angeles.
- Zoe, R.R., Tang, L., Goh, M., 2013. Assessment of information maturity during design, operation and maintenance stages within BIM use environment,. Presented at the The 19 International Conference on Engineering Design, Seoul, Korea.

Vedlegg

Vedlegg 1 – Intervjuguide	54
Vedlegg 2 – Observasjonsdokument.....	60
Vedlegg 3 – Styrker og svakheter	61

Vedlegg 1 – Intervjuguide

Prosjektering med BIM – Systematisering og kontroll ved bruk av Modell Modenhets Indeks



Informasjon om intervjuer:

Mitt navn er Ulrik Hansen og jeg går en 2-årig master ved Institutt for bygg- og miljøteknikk ved NTNU. Spesialiseringen min er innenfor prosjektledelse, og i denne anledning skal jeg skrive en prosjektoppgave som er en forstudierapport for min masteroppgave.

Jeg har siden sommeren 2017 hatt sommer- og deltidsjobb hos Øksnes Entreprenør. Jeg har arbeidet med 3D-modelering og konseptutvikling av leilighetsbygg. Nå har jeg deltidsjobb som omhandler håndtering av BIM for prosjekteringsledere på caseprosjekt. Dette intervjuet er i regi av meg som student, og ikke arbeidstaker hos Øksnes Entreprenør. Resultater fra intervjuer benyttes i forskningsøyemed.

Informasjon om studiet:

Jeg har i en lengre periode etterlenget en metode for systematisering og kontrollering av fremdrift til

BIM-modeller. I kurset TBA4127 – Prosjekteringsledelse ved NTNU ble det forelest om Modell Modenhets Indeks (MMI). Dette fengte min oppmerksomhet, og jeg ønsker å studere hvordan MMI kan påvirke prosjekteringsprosessen.

Jeg har vært med å implementere MMI på et leilighetsprosjekt hos Øksnes Entreprenør. Jeg skal undersøke hvilke erfaringer de ulike aktørene i prosjekteringsprosessen har angående MMI. Målet med studiet er å se på 1) Hvordan kan en anvende MMI, 2) Hvilke styrker og svakheter det er ved denne anvendelsen og 3) Hvordan burde MMI benyttes. Gjennom disse spørsmålene har jeg ønske om å besvare et kunnskapsgap om hvordan MMI kan påvirke prosjekteringsprosessen.

Ulrik Hansen 23.09.2020

For spørsmål om intervju og rapport kan jeg kontaktes via:

Mobil: 48184907

Studentmail: ulrikha@ntnu.no

Innledning:

- Presentere hvem jeg er.
 - Forklare min rolle hos ØE.
 - Forklare min rolle som student.
- Si hva formålet med intervjuet er.
 - Henviser til informasjon om studiet.
- Forklar hva det vil si å være deltagende i intervju.
 - Er med på metodeutvikling i bransjen. o Bidrar til å utvikle MMI som metode. o Tilegner seg kunnskap om en ny metode.
 - Dette er en metode som i senere tid kan sikre prosjekter.
- Informere om hvordan intervjuet blir gjennomført og om intervjupersons rettigheter.
 - Rettigheter er:
 - ✦ Intervjuperson kan trekke seg fra intervjuet.
 - ✦ Intervjuperson kan i ettertid be om å trekke sitt intervju.
 - ✦ Intervjuperson kan, ved ønske, holdes anonym.
 - ✦ Meddele at opptak av intervju blir gjennomført.
 - ✦ Intervjuperson vil mota referat av intervju i etterkant av informasjon som vil brukes. Dette skal intervjuperson ha mulighet til å godkjenne/underkjenne.

Introduksjonsspørsmål:

- Be intervjuperson informere om hvem vedkommende er.
- Be intervjuperson forklare sin rolle i prosjektet.

Overgangsspørsmål:

- Høre med personen om tidlige erfaringer med MMI?
- Høre med person om hvorfor MMI blir benyttet i prosjektet?
 - Når i konseptutviklingen ble dette planlagt?
- Hvilket problem håper dem å løse med MMI?

Hoveddel:

1. Forberedelser for å benytte MMI

I dette avsnittet ønsker intervjuer informasjon om hvordan forberedelsene til bruk av MMI er i prosjektet. Med dette menes det hvordan ulike aktører er blitt informert om bruken av metoden, hvordan metoden er forankret og om det har vært behov for opplæring. Derfor er det fint om intervjuerperson kan fortelle fritt om erfaringene knyttet til dette.

- Involvering av prosjekterende og UE:
 - Når involveres prosjekterende i prosjektet?
 - Når involveres UE i prosjektet? ○ Når introduseres aktørene for benyttelse av MMI? ○ Hva påvirker tidspunkt for involvering av rådgivere?
 - Hva påvirker tidspunkt for involvering av UE?
 - Hvordan er møtesyklusen i prosjektet?
 - Har du noen formening om hvordan en kan forbedre involvering av prosjekterende?
- Forankring av MMI i prosjektet ○ Hvordan forankres bruken av MMI i prosjektet? ○ Hvem avgjør om det benyttes eller ikke? ○ Hva er dine erfaringer om hvordan rådgivere forplikter seg til MMI?
 - Har du noen formening om hvordan en bedre kan forankre MMI i prosjektet?
- Opplæring av prosjekterende ○ Hvordan ble opplæring gjennomført? ○ Har prosjekterende gitt tilbakemelding på opplæring? ○ Har du noen formening om hvordan opplæring burde gjennomføres på fremtidige prosjekter?

2. Modenhetsnivåer:

I dette avsnittet ønsker intervjuer å vite mer om prosjektet modenhetsnivåer. Det er fint om intervjuerperson kan fortelle om hvilke modenhetsnivåer som er anvendt og hvordan modenhetsnivåene er beskrevet.

- Prosjektets modenhetsnivåer:
 - Hvem har valgt hvilke modenhetsnivåer som benyttes på prosjektet?
 - Hvorfor ble denne nivåinndelingen valgt?
 - Opplever dere inndelingen av modenhetsnivåer som tilstrekkelig?
 - Har du noen formening om hva som kan forbedre inndelingen av modenhetsnivåer?
- Beskrivelse av modenhetsnivåer:
 - Hvem beskriver modenhetsnivåene?
 - Hvorfor ble denne modenhetsbeskrivelsen akseptert?
 - Opplever dere beskrivelsene som tilstrekkelige?
 - Har du noen formening om hvordan modenhetsbeskrivelse kan forbedres?

3. Soneinndeling:

I dette avsnittet ønsker intervjuer informasjon om soneinndelingen på prosjektet. Her er det fint om intervjuerperson kan forklare seg fritt om hvilken soneinndeling som benyttes og forklare hvordan modenheten for soner beskrives.

- Prosjektets soneinndeling:
 - Hvordan er soneinndelingen på prosjektet?
 - Hvem valgte soneinndelingen?
 - Hvorfor er denne soneinndelingen valgt? o Opplever dere soneinndelingen som tilstrekkelig?
 - Har du noen formening om hva som kan forbedre soneinndelingen?
- Beskrivelse av modenhet for soner:
 - Hvem beskriver modenheten til sonene?
 - Hvorfor beskrives modenheten på denne måten?
 - Opplever du beskrivelsen av modenhet for sonene som tilstrekkelig?
 - Har du noen formening om hvordan modenhetsbeskrivelsene for sonene kan forbedres?
- Planlegging av rekkefølge for sonene:
 - Hvem definerer rekkefølgen på sonene?
 - Hvorfor velges denne rekkefølgen? o Opplever du rekkefølgen som tilstrekkelig? o Har du noen formening om hvordan rekkefølgen kan forbedres?

4. Prosjekteringsleveranser

I dette avsnittet ønsker intervjuer informasjon om prosjekteringsleveranser. Med prosjekteringsleveranser menes de leveransene som prosjekterende leverer innenfor hver sone. Her er det fint om intervjuerperson forteller fritt om prosjektleveransene i sonene og hvordan leveransene vurderes mot modenhetsnivåene.

- Prosjekteringsleveranser i sonene:
 - Hvem utarbeider prosjekteringsleveransene til prosjektet?
 - Hvordan defineres prosjekteringsleveransene? o Hvordan avdekkes prosjekteringsbehovene?
 - Blir prosjekteringsleveransene kartlagt sammen med prosjekterende?
 - Hvordan følges de opp?
 - Opplever du punktene som nok detaljerte?
 - Har du noen formening om hva som kan forbedre prosjekteringsleveransene?
- Beskrivelser av modenhetsnivå på prosjekteringsleveranser?
 - Hvordan beskrives modenhetsnivået på prosjekteringsleveranser? o Hvem kontrollerer beskrivelsene? o Opplever dere at prosjekterende følger beskrivelsene? o Har du noen formening om hva som kan forbedre beskrivelsene?

- Planlegging av rekkefølgen for prosjekteringsleveransene:
 - Hvilken strategi benyttes i planlegging av prosjekteringsrekkefølge?
 - Hvem bestemmer rekkefølgen på prosjekteringsleveransene? o Involveres rådgivere i denne planleggingen?
 - Har du noen formening om hvordan en kan forbedre planleggingen av prosjekteringsrekkefølge?

5. Fremdrift

I dette avsnittet ønsker intervjuer informasjon om hvordan fremdriften i prosjektering er planlagt. Her er det fint om intervjuerperson snakker fritt om hvilke strategi som er benyttet og hvem som er involverte i denne prosessen.

- Fremdriftsplanlegging:
 - Hvilken strategi benyttes i fremdriftsplanlegging?
 - Involveres rådgivende?
 - Involveres UE? o Hvordan vises modenhetsnivåer i fremdriftsplanen? o Hvordan vises soneinndelingen i fremdriftsplanen? o Er det utydigheter i fremdriftsplanen? o Har du noen formening om hva som kan forbedre fremdriftsplanlegging?

6. Oppfølging

I dette avsnittet ønsker intervjuer informasjon om hvordan oppfølging av modenhetsnivå for prosjekteringsleveranser, soner og fremdrift er på prosjektet. Det er fint om intervjuerperson kan fortelle fritt om punktene.

- Oppfølging av modenhetsnivå for prosjekteringsleveranser:
 - Hvordan kontrollerer dere prosjekteringsleveransene opp mot beskrivelser av modenhetsnivå?
 - Angir prosjekterende hvilket MMI-nivå det er på prosjektet? o Har dere intern kontroll på levert prosjekteringsleveranser?
 - Opplever du at kontroll av modenhetsnivåer er gjennomført på en tilstrekkelig måte?
 - Har du noen formening om hva som kan forbedre kontrollen?
- Oppfølging av soner:
 - Hvordan kontrollerer dere utvikling av modenheten til sonene? o Hvem angir MMI-nivå for sonen?
 - Opplever du at kontroll av modenhetsnivåer er gjennomført på en tilstrekkelig måte?
 - Har du noen formening om hva som kan forbedre kontrollen?
- Oppfølging av fremdrift:
 - Hvordan kontrolleres fremdrift i prosjekteringen?

- Opplever du at fremdriftsplanen opprettholdes i prosjekteringen?
- Opprettholder prosjekterende avtalte frister? o Er der buffertid i prosjekteringen?
- Har dere mulighet til å replanlegge fremdriftsplanen? o Har du noen formening om hva som kan forbedre oppfølgingen?

Avslutning

- Informere om at alle tenkte spørsmål er stilt.
- Spørre intervjuperson om hen mener det er noe som burde utdypes.
- Si til intervjuperson hvis det er noe jeg mener er litt utydelig.
- Høre med intervjuperson om jeg kan kontakte vedkommende ved en senere anledning for ekstra spørsmål.
- Takk for intervju.

Vedlegg 2 – Observasjonsdokument

Observasjonsskjema for prosjektoppgave

Tema:
Xxxx

Dato:
xx.xx.2020

Møteplattform:
Teams

Deltagere:
Xxx xxx

<i>Datatype:</i>	<i>Beskrivelse og kommentarer:</i>
Primærobservasjoner:	
Forankring	
Modenhetsnivå	
Soner	
Prosjekteringsleveranser	
Fremdriftsplanlegging	
Oppfølging	
Sekundærdata:	
Forankring	
Modenhetsnivå	
Soner	
Prosjekteringsleveranser	
Fremdriftsplanlegging	
Oppfølging	
Erfaringsdata:	
Forankring	
Modenhetsnivå	
Soner	
Prosjekteringsleveranser	
Fremdriftsplanlegging	
Oppfølging	
Kontekstuell data:	
Forankring	
Modenhetsnivå	
Soner	
Prosjekteringsleveranser	
Fremdriftsplanlegging	
Oppfølging	

Vedlegg 3 – Styrker og svakheter

Forberedelser til bruk av MMI

Styrker:

- Tilrettelegging for BIM-basert prosjektering gjennom BIM-tilpasset prosjekthotell.
- Informering om MMI og informasjonsdeling ved involveringstidspunktet av prosjekterende.

Svakheter:

- Kan ikke garantere tilstrekkelig oppfølging av prosjekteringsledelsen.
- Ikke involvert prosjekterende i utforming av MMI-rammeverkets innhold.

Modenhetsnivåer

Styrker:

- Navnendring av MMI200 for å spisse betydningen til modenhetsnivået.
- Benytter kun nødvendige modenhetsnivåer for ulike disipliner.
- Ikke for detaljerte modenhetsnivåer.
- Benytter modenhetsnivåer i beskrivelse av både BIM- og tradisjonell prosjekteringsutvikling

Svakheter:

- For generelle modenhetsnivåer.
- Modenhetsnivåer er ikke tilstrekkelig tilpasset entreprenørs øvrige metoder.

Soneinndeling

Styrker:

- Soneinndeling er lett gjenkjennelig for flere prosjekter.
- Antall soner fører ikke til en for detaljert soneinndeling.

Svakheter:

- Det ville vært mer hensiktsmessig med systeminndeling enn soneinndeling.
- Soneinndeling er for generell og får ikke frem utfordringene som ligger i grensesnitt.
- Soneinndeling bidrar ikke til å avdekke kommunikasjonsbehov i prosjekteringen.

Prosjekteringsleveranser

Styrker:

- Modenhetsutvikling av prosjekteringsleveranser har bidratt til å kontrollere prosjekterendes utvikling av modenhetsnivåer. En har gjennom dette hindret unødvendige iterasjoner.
- Beskrivelsene av modenhetsutvikling er ikke for teoretiske.

Svakheter:

- Entreprenør mottar ikke beskrivelser av prosjekteringsleveranser fra alle prosjekterende.
- Det er dårlig kommunikasjon i prosjekteringsgruppen om viktigheten av prosjekteringsleveranser.
- Leveranser planlegges fortløpende i prosjekteringen. Ikke i oppstartsmøte tidlig i prosessen.

Fremdriftsplanlegging

Styrker:

- Ingen styrker da møte-til-møte-planlegging ikke er å anbefale i et MMI-oppsett.

Svakheter:

- Det er ikke utarbeidet noen fremdriftsplan.
- Planlegging gjøres mellom møter noe som skaper en usikker, uforutsigbar og lite strukturert prosess.
- Møte-til-møte-planlegging skaper dårligere samhold i prosjekteringsgruppen.
- Avdekking av nødvendighet oppstår i det tidspunkt det er behov for nødvendighet. Dette medfører forsinkelser.

Oppfølging

Styrker:

- Kontrollert oppfølging mellom enkeltmøter.
- Benytter ICE-metodikk som effektiviserer problemløsning i prosjekteringsmøter.

Svakheter:

- Foreligger ingen strukturert oppfølging da det ikke er utarbeidet noen milepælsplan.
- Oppfølgingsrutiner gir ikke mulighet for innarbeidelse av buffertid i prosjekteringen.
- Oppfølgingsrutiner fører til unødvendig ressursbruk i prosjektering, samt at prosjektering utsettes til et tidspunkt nærmere produksjon. Dette kan medføre forhøyede kostnader.

