

Marie Styrvold

Planlegging av prosjekteringsprosessen i BIM - prosjekter

Masteroppgave i Bygg og miljøteknikk

Veileder: Ola Lædre

Juni 2019

Marie Styrvold

Planlegging av prosjekteringsprosessen i BIM - prosjekter

Masteroppgave i Bygg og miljøteknikk
Veileder: Ola Lædre
Juni 2019

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

Sammendrag

Betydningen av de tidlige fasene i prosjektering blir trukket fram i forskning som viktige for å oppnå et suksessfullt byggeprosjekt. Det pågår en stor endring i arbeidsmetodene til de prosjekterende ved bruk av Bygnings Informasjons Modeller (BIM). Noe som krever en annerledes ledelsesstrategi enn hva som tradisjonelt har blitt benyttet. Det er også viktig å implementere BIM på riktig måte, for å kunne utnytte det fulle potensialet. Det har derimot vist seg at bruken av BIM fører til sløsing grunnet dårlig kommunikasjon og struktur. Derfor ble Level of Development (LoD) utviklet, for å styre informasjonsflyten i BIM. Dette begrepet ble derimot opplevd som avansert og ressurskrevende, derfor har den norske byggebransjen utviklet Modell Modenhets Indeks (MMI). MMI er tiltenkt å være et verktøy for kommunikasjon av modenhet og utvikling av modellen i prosjekteringsprosessen. Hvor hovedmålet er å etablere interne rutiner og felles terminologi i prosjekter. Den dag i dag er bruken av MMI lite utbredt i den norske byggebransjen og formålet med oppgaven er derfor å undersøke MMI verktøyet og finne ut hvordan det kan implementeres i et byggeprosjekt. Dette har blitt utført ved å besvare tre forskningsspørsmål:

1. Hvilke tilnærminger til modenhetsstyring blir benyttet i bransjen i dag?
2. Hvilke erfaringer har aktørene i bransjen tilegnet seg ved bruk dagens tilnærming til modenhetsstyring?
3. Hvordan kan modenhetsstyring implementeres i et byggeprosjekt?

Arbeidet med oppgaven har blitt utført ved bruk av litteraturstudium, 8 generelle semi – strukturerte intervjuer, dokumentstudie og deltakende observasjon.

De tilnærmingene som finnes i dag for bruken av MMI er begrenset. Skanska er den eneste entreprenørbedriften som har en klar struktur på hvordan MMI skal benyttes. Andre bedrifter har kun testet ut bruken av MMI på enkelte prosjekter. De tilnærmingene som benyttes i dag baserer seg på rammeverket til Fløisbonn *et al.* (2018).

De erfaringene som er knyttet opp mot bruken av MMI er også begrenset, grunnet at bruken av MMI er begrenset. Intervjuobjekter har derimot opplevd at MMI har en positiv effekt, blant annet fører det til bedre kartlegging av arbeidsoppgaver noe som fører til bedre planlegging, kommunikasjon og beslutningstaking. I tillegg oppleves det at MMI er brukervennlig også på prosjekter hvor BIM ikke benyttes i stor grad og at MMI kan benyttes for å vurdere risiko.

Det foreslås en metode for å implementere MMI i et byggeprosjekt i forskningsspørsmål tre. Denne går i hovedsak ut på at MMI nivåene bør defineres for hvert prosjekt, og dette bør gjøres i en oppstartssamling. På oppstartssamlingen bør prosjektet også deles opp, i tillegg til at behov og avhengigheter bør kartlegges. Videre er det viktig med god planlegging av prosjekteringen, MMI er et verktøy som kan benyttes hjelpemiddel for å planlegge prosessen. Blant annet ved å lage en fremdriftsplan med design milepæler (MMI-nivå) og en beslutningsplan. Fremdriften og utviklingen av modellen må vurderes underveis, for å sikre kontinuerlig forbedring.

Abstract

To achieve a successful construction project, the importance of the early design stage has been pointed out to be highly essential. There is a change in working methods for designers due to the introduction of Building Information Model (BIM). This model requires a different management strategy than traditional design management. Accurate implementation of BIM is important for utilizing the potential in BIM. Research has shown that the use of BIM leads to waste due to poor structure and communication. Level of Development (LoD) was developed to control the information flow within BIM. The term LoD have been determined as excessively advanced and resource demanding. Therefore, the Norwegian AEC industry decided to create the Model Maturity Index (MMI). MMI is considered as a communication tool used in the model maturity and the development of the model in the design process. The main goal is to use MMI to establish internal routines and common terminology within construction projects. MMI in the Norwegian AEC industry is being infrequently used, thus the purpose of the study aims to perform research of the MMI as a tool and to develop a method of how to integrate MMI into future construction projects. The following research questions are:

1. What approaches to model maturity are used or attempted in the Norwegian AEC industry?
2. What experiences do the actors of the AEC industry have towards the use of model maturity?
3. How can model maturity be implemented in an AEC project?

The research method is based on a literature study, 8 general semi-structured interviews, document studies and participatory observation. The approaches to the use of MMI today is limited. Skanska is the only contractor that has a clear structure for how MMI should be used in a construction project. Other companies have tested MMI in minor projects. All tested approaches is based on the framework made by Fløisbonn *et al.* (2018). The experiences associated with the use of MMI are also limited due to the rare usage of the tool. Some interviewees have experienced that MMI gives positive effects, such as improving mapping of work activities. This is suggested to lead to improvement to the planning of the design process, communication and decision-making. Some acknowledge MMI as user friendly on projects where BIM is not commonly used. MMI can also be used as a tool to determine risk.

In research question three, there is suggested av method for how to implement MMI in a construction project. This is basically based on that the MMI levels needs to be defined for each project, and this must be performed in a start – up meeting. On the start – up meeting the project should be divided into smaller pieces, and in addition the needs and dependencies should be mapped. Further on, there is important with good planning of the design process, MMI is a tool that can be used as an aid for the planning. MMI can be used to create a progress plan with design milestones (MMI levels) and a decision-making plan. The progress plan and the development of the model should be evaluated during the making, for ensuring continuous improvement.

Forord

Masteroppgaven skrevet våren 2019 ved institutt for bygg – og miljøteknikk, Norges Teknisk – Naturvitenskapelige Universitet. Oppgaven er det avsluttende arbeidet i et toårig masterstudium ved sivilingeniørstudiet Bygg – og miljøteknikk, innen studieprofilen prosjektledelse. Masteroppgaven består av to deler, hvor første del er selve masteroppgaven og del to består av en forskningsartikkel. Denne blir publisert på den 27. konferansen til International Group of Lean Construction (IGLC) den 1.-7.juli 2019. Artikkelen ligger vedlagt i masteroppgaven som vedlegg 1.

Bakgrunnen for valg av tema er oppgaveforfatterens inntrykk fra sommerjobb i Veidekke Entreprenør, om at kvaliteten på prosjekteringen varierer fra prosjekt til prosjekt, i tillegg til at leveranser ofte kommer for sent. Samtidig fikk oppgaveforfatter også inntrykk av at bruken av BIM i mange prosjekter er svak og ideelt sett burde forbedres for å effektivisere prosjekteringen. Basert på dette synes forfatter at tematikken til oppgaven «styring av prosjekter med BIM» virket veldig spennende. Oppgaven bygger videre på masteroppgavene til henholdsvis Iver Grytting «Bruk av LoD – beslutningsplan i prosjekteringa på BIM – prosjekter» og Andreas Nøklebye «Enabling Lean Design with Management of Model Maturity».

Jeg vil rette en takk til Ola Lædre for veiledning rundt oppgavens forskningsspørsmål og hjelp med å sikre oppgavens bidrag for videre forskning av tematikken. Takk for gode diskusjoner rundt modellene jeg har utarbeidet, og for at du så potensialet av disse helt fra starten av.

Jeg ønsker å rette en stor takk til Vegard Knotten i Veidekke for god veiledning og støtte underveis i arbeidet med oppgaven. Takk for all hjelp med forskningsartikkelen, det å diskutere struktur og formuleringer var verdifullt og avgjørende for å få godkjent artikkelen i IGLC.

Jeg ønsker også å takke min kommende arbeidsgiver, XPRO AS. Takk for at dere ga meg kontorplass og la til rette for at jeg kunne skrive oppgaven min fra Molde. Det å være med på det daglige livet på kontoret deres, og muligheten det ga meg til å få praktisk innsikt i bransjen og gode diskusjoner rundt oppgaven har vært uvurderlig. Jeg vil i tillegg rette en ekstra takk til Trond Walle, ditt engasjement rundt oppgaven min har virkelig hjulpet på min motivasjon. Det at du valgte å ta i bruk MMI på flere prosjekter i løpet av våren, gjorde at jeg fikk være med å se hvordan MMI implementeres i praksis, noe som virkelig ga arbeidet med oppgaven en ekstra dimensjon for meg personlig.

Molde 10.06.2019



Marie Styrvold

INNHALDSFORTEGNELSE

Figurliste	VIII
Tabelliste.....	IX
1. Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven.....	1
1.2 Formål og forskningsspørsmål.....	2
1.3 Avgrensninger	3
1.4 Oppgavens disposisjon.....	3
2 Metode	4
2.1 Bakgrunn for arbeidet med oppgaven	4
2.2 Forskningsdesign	5
2.2.1 Valg av forskningsdesign.....	6
2.3 Hoveddesign.....	6
2.3.1 Litteraturstudie	6
2.3.2 Intervjuer	9
2.3.3 Dokumentstudie.....	10
2.3.4 Deltakende observasjon	11
2.4 Analyse av innsamlet data.....	11
3 Teori	14
3.1 Prosjekteringsprosessen.....	14
3.1.1 Avhengigheter og grensesnitt	14
3.1.2 Faseinndeling av prosjekteringsprosessen	16
3.2 Fra tradisjonell prosjektering til BIM, Lean og VDC	19
3.3 Planlegging av prosjekteringsprosessen	21
3.3.1 Last Planner Systemet™	21
3.3.2 Integrated Concurrent Engineering	23
3.3.3 Level of Development (LoD)	23
3.3.4 Beslutningsplan.....	24
3.3.5 Demings sirkel	25
3.4 Modenhetsstyring	26
3.4.1 Modell Modenhets Indeks (MMI)	26
3.4.2 Bruk av modenhetsstyring i Norge.....	28
3.4.3 Implementering av modenhetsstyring i byggeprosjekt	31
4 Resultat.....	33
4.1 Tilnærminger til bruk av MMI.....	33
4.1.1 MMI – definisjoner.....	33
4.1.2 Organisering av prosjektet	35
4.1.3 Planlegging av prosjekteringsprosessen ved bruk av MMI.....	35

4.1.4	Kontroll av leveranser, fremdrift og modenhet	36
4.1.5	MMI i BIM.....	38
4.2	Erfaringer med bruk av MMI	38
4.2.1	MMI – definisjoner.....	38
4.2.2	Organisering av prosjekter	39
4.2.3	Planlegging av prosjekteringsprosessen ved bruk av MMI	39
4.2.4	Kontroll av leveranser, fremdrift og modenhet	40
4.2.5	MMI i BIM.....	41
4.3	Implementering av MMI i prosjekt	42
4.3.1	MMI – definisjoner.....	42
4.3.2	Organisering av prosjekter	42
4.3.3	Planlegging av prosjekteringsprosessen ved bruk av MMI	43
4.3.4	Kontroll av leveranser, fremdrift og modenhet	44
4.3.5	MMI i BIM.....	45
4.3.6	Andre elementer som påvirker implementeringen.....	46
5	Diskusjon.....	48
5.1	Tilnærminger til bruk av MMI	48
5.1.1	MMI – definisjoner.....	48
5.1.2	Organisering av prosjektet	48
5.1.3	Planlegging av fremdrift, modenhet og utvikling	49
5.1.4	Kontroll av fremdrift, modenhet og utvikling	49
5.1.5	MMI i BIM.....	50
5.2	Erfaringer med bruk av MMI	50
5.2.1	MMI – definisjoner.....	50
5.2.2	Organisering av prosjektet	51
5.2.3	Planlegging av fremdrift, modenhet og utvikling	51
5.2.4	Kontroll av fremdrift, modenhet og utvikling	52
5.2.5	MMI i BIM.....	52
5.3	Implementering av MMI i prosjekt	53
5.3.1	MMI – definisjoner.....	53
5.3.2	Organisering av prosjektet	53
5.3.3	Planlegging av fremdrift, modenhet og utvikling	54
5.3.4	Kontroll av fremdrift, modenhet og utvikling	55
5.3.5	MMI i BIM.....	55
5.3.6	Andre elementer som påvirker implementeringen.....	55
5.4	Forslag til metode for å implementere MMI.....	56
5.4.1	Hovedmodell	57
5.4.2	Arbeidsprosessen	57

6	Oppsummerende konklusjon	62
6.1	Tilnærminger til bruk av MMI	62
6.2	Erfaringer med bruk av MMI	62
6.3	Implementering av MMI i prosjekt	63
6.4	Videre arbeid	65
7	Referanseliste.....	67
8	Vedlegg	71

FIGURLISTE

Figur 1: Illustrasjon over arbeidsprosessen med masteroppgaven	4
Figur 2: Forskjellen mellom kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode (Olsson og Sörensen, 2003).	5
Figur 3: Oppbygging av besvarelsen av forskningsspørsmålene.	12
Figur 4: The Constant Comperative Method (Knotten et al., 2017a)	13
Figur 5: Grensesnittene i prosjekteringsprosessen (Westergaard, Arge og Moe, 2009). .	15
Figur 6: Avhengigheter og koordinering i prosjekteringsprosessen (Knotten, 2018).	15
Figur 7: Veileder for fasenormen neste steg (Bygg21, 2015).....	17
Figur 8: Endring av usikkerheten, handlefriheten og kostnader over tid (Eikeland, 2001).	18
Figur 9: Rammeverk for å håndtere tidlig fase prosjektering (Knotten, 2018).....	19
Figur 10: Endring av kommunikasjon og informasjonsflyt ved bruk av BIM i prosjekteringsprosessen (Chen et al., 2005).	20
Figur 11: Bruken av VDC i Skanska (Fosse, Ballard og Fischer, 2017).	21
Figur 12: Eksempel på utvikling av objekt i BIM basert på LoD.....	24
Figur 13: Beslutningsplan ved bruk av LoD (Svalestuen et al., 2018).	25
Figur 14: Kontinuerlig forbedring, Pukk – hjulet, Veidekke (Berntsen, 2015).....	26
Figur 15: MMI prosessen (Fløisbonn et al., 2018).	27
Figur 16: Eksempel på hvordan MMI nivåer kan defineres (Fløisbonn et al., 2018).....	28
Figur 17: Skanskas MMI - hjul (Nøklebye, 2018).	29
Figur 18: Lappeplan Skanska (Fløisbonn et al., 2018)	29
Figur 19: Veidekkes MMI - modell, utarbeidet på E6 Arnkvern - Moelven (Nøklebye, 2018).	30
Figur 20: Implementering av LoD i BIM – prosjekter (Hooper, 2015).	31
Figur 21: Illustrasjon av MMI - definisjoner for alle fag i ulike seksjoner på E6 AM.....	33
Figur 22: Sammenknytting av MMI og FDVU dokumentasjon.	34
Figur 23: Utførelse av lappeteknikk, fra deltakende observasjon.....	36
Figur 24: Leveranser for hvert fag i de ulike seksjonene på E6 AM.....	37
Figur 25: Analyse av levert data ved bruk av Power BI.....	37
Figur 26: MMI – status på prosjekteringen.....	38
Figur 27: Markering med farger i modellen, fra youtube filmen «4D planning with Level of Developement (LoD)» av Fredrik Svalestuen.....	46
Figur 28: Hovedmodell for bruken av MMI.	57
Figur 29: Modellen viser hvordan arbeidsprosessen ved bruk av MMI kan se ut.	58

TABELLISTE

Tabell 1: Oversikt over innholdet i de ulike kapitlene	3
Tabell 2: Oversikt over søkeord og resultater.	7
Tabell 3: TONE – kriteriene.....	8
Tabell 4: Oversikt over bedrifter og roller intervjuobjektene kommer fra.	10
Tabell 5: Oversikt over datakilder fra dokumentstudium	10
Tabell 6: Hovedelementene i IPP (Knotten et al., 2017b).....	22
Tabell 7: Oversikt over innhold i møtene ved bruk av IPP (Knotten et al., 2017b).....	23
Tabell 8: MMI definisjoner fordelt på oppgaver og dokumentasjon.	35

1. INTRODUKSJON

Dette kapittelet gir leseren av oppgaven en introduksjon til temaet. Først forklares hvorfor tematikken er relevant, deretter presenteres oppgavens formål og forskningsspørsmål. Videre følger det informasjon om hvilke avgrensninger som er satt for utarbeidelsen av oppgaven og tilslutt en oversikt over oppgavens disposisjon.

1.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN

Den negative utviklingen av produktiviteten i byggebransjen har vært mye omtalt i de senere årene (Langlo og Andersen, 2016). Forskning viser at det er viktig å fokusere på tidlig fase og prosjekteringen, for å redusere usikkerhet, forbedre kvalitet og resultatet til et byggeprosjekt (El Reifi, Emmitt og Ruikar, 2013). For å forbedre produktiviteten i byggebransjen er det derfor viktig å fokusere på prosjekteringen, da denne er viktig for å skape suksessfulle byggeprosjekter, men denne prosessen er svært krevende å lede (Bølviken, Gullbrekken og Nyseth, 2010). Dette fordi byggebransjen består av unike og komplekse produkter, som blir produsert av midlertidige organisasjoner (Bølviken, 2012).

I dag byttes gamle arbeidsmetoder ut med nye arbeidsmetoder, ved bruk av Bygnings Informasjon Modellering (BIM) (Westergaard, Arge og Moe, 2009). Den økte bruken av BIM krever en annerledes ledelsesstrategi for prosjekteringen enn hva tradisjonell prosjektering behøver (Abou-Ibrahim og Hamzeh, 2017). For å oppnå potensialet den nye teknologien og de nye arbeidsmetodene bringer med seg, er det viktig å implementere BIM på riktig måte (Abou-Ibrahim og Hamzeh, 2016). Dagens rutine for koordinering av BIM i prosjekteringen trenger enkelte forbedringer, det er i dag for mye sløsing grunnet dårlig kommunikasjon og mangel på standardiserte arbeidsmetoder i modellen (Nøklebye, 2018). Dårlig kommunikasjon oppstår når ulike aktører i prosjekteringsprosessen ikke forstår hverandres behov og arbeidsprosess (Abou-Ibrahim og Hamzeh, 2016).

For å løse lignende problemer i produksjon har mange entreprenører suksessfullt implementert Lean Construction (Emmitt, Sander og Christoffersen, 2004). Dette åpner for bruken av Lean Design Management i de tidlige prosjekteringsfasene (El. Reifi og Emmitt, 2013). Det er blitt vist at det finnes positive synergieffekter mellom bruken av BIM og Lean (Sacks *et al.*, 2010a). For å få til en bedret produktivitet i prosjekteringen må byggebransjen opprette prosesser og målinger for å måle progresjon i modellen (Garcia *et al.*, 2018). Det å kontrollere modenheten i modellen blir sett på som et nøkkelement for å beskrive innholdet i modellen (Hooper, 2015). Begrepet Level of Development (LoD) ble laget for å styre informasjonsflyten i BIM (Abou-Ibrahim og Hamzeh, 2017). LoD benyttes for å kontrollere bruken av BIM som en arbeidsprosess, for å formalisere utviklingen av BIM og autorisere den aktuelle bruken av modellen¹

De forventede fordelene med bruken av LoD er økt produktivitet, bedret kommunikasjon og mer effektiv utvikling av modellen (Hooper, 2015). Derimot trekkes det frem i litteraturen at LoD oppleves som for avansert, og at det er et verktøy som kommer i tillegg til det arbeidet som allerede utføres i prosjekteringsprosessen (Nøklebye, 2018). Forskere og brukere har rettet spørsmål rundt konseptet og bruken av LoD, grunnet mye usikkerhet rundt begrepet og at det er vanskelig å se nytteverdien av verktøyet (Abou-Ibrahim og

¹ BIMForum. (2018) Level of Development (LOD) Specification part 1 and commentary. Tilgjengelig fra: <https://bimforum.org/lod/> [Hentet 10.12.18]

Hamzeh, 2016). Derfor gikk en norsk gruppe bestående av representanter fra Arkitektbedriftene, Entreprenørbedriftene og Rådgivende ingeniørers forening, sammen og utarbeidet MMI. Målet med MMI er å gi de norske aktørene et grunnlag for å etablere interne rutiner og felles terminologi i prosjekter, og MMI skal være et verktøy for kommunikasjon av modenhet og utvikling av modellen i prosjekteringsprosessen (Fløisbonn *et al.*, 2018).

1.2 FORMÅL OG FORSKNINGSSPØRSMÅL

Formålet med oppgaven er å undersøke MMI verktøyet, og finne ut hvordan dette verktøyet kan implementeres i prosjekteringsprosessen. Tanken er at bruken av MMI kan skape en mer effektiv prosjektering, fordi den forbedrer kommunikasjon – og informasjonsflyt, samtidig som at den gjør det mulig å strukturere selve prosjekteringen. Dersom MMI kan føre til bedre kontroll og kommunikasjon rundt utviklingen av modellen, kan dette gi en arbeidsmetode som samsvarer bedre med bruken av BIM enn hva en tradisjonell arbeidsmetode gjør. Det er funnet synergieffekter mellom bruken av Lean og BIM, men det som er virkelig interessant er om det også finnes synergieffekter mellom Lean, BIM og MMI.

Oppgaven skal derfor se på bruken av MMI i Norge, og undersøke hvilke erfaringer som finnes rundt bruken av verktøyet. Ettersom at MMI metodikken er relativ ny i Norge, skal det også undersøkes hvordan aktører i byggebransjen ser for seg at MMI kan benyttes. Basert på andres tanker om utnyttelsen av MMI verktøyet, i tillegg til erfaringer fra faktisk bruk, er oppgavens hovedformål å utarbeide en anbefaling for hvordan MMI kan tas i bruk i prosjekteringsprosessen. For å besvare dette skal forfatter undersøke tre forskningsspørsmål. Oppgaven bygges opp ved at de to første spørsmålene legger grunnlaget for å besvare det siste og viktigste forskningsspørsmålet. Forskningsspørsmålene er som følger:

- 1. Hvilke tilnærminger til modenhetsstyring blir benyttet i bransjen i dag?**
- 2. Hvilke erfaringer har aktørene i bransjen tilegnet seg ved bruk dagens tilnærming til modenhetsstyring?**
- 3. Hvordan kan modenhetsstyring implementeres i et byggeprosjekt?**

1.3 AVGRENSNINGER

Det har vært nødvendig for forfatter å begrense oppgavens omfang. De følgende avgrensningene har blitt satt for arbeidet med oppgaven:

- Oppgavens hovedfokus er prosjektering, og bruken av modenhetsstyring for å forbedre prosjekteringsprosessen.
- Bruken av modenhetsstyring varierer mellom ulike bedrifter og prosjekt. Resultatene i oppgaven preges derfor av hvem som har blitt intervjuet og resultatene må derfor sees i lys av dette.
- Entreprisereform vil påvirke bruken av MMI, men oppgaven er valgt å ikke begrenses til en type entreprisereform ettersom at prosjekteringen er relativt lik uansett.
- Bruken av MMI er begrenset i Norge og det finnes lite litteratur rundt tematikken, derfor er undersøkelsene av tilnærming og erfaringer noe begrenset.
- Oppgaven har blitt begrenset til å fokusere på prosjekteringsprosessen og ikke modellering. Bruken av MMI i BIM er derfor bare nevnt i et underkapittel i hvert forskningsspørsmål.

1.4 OPPGAVENS DISPOSISJON

Tabell 1: Oversikt over innholdet i de ulike kapitlene

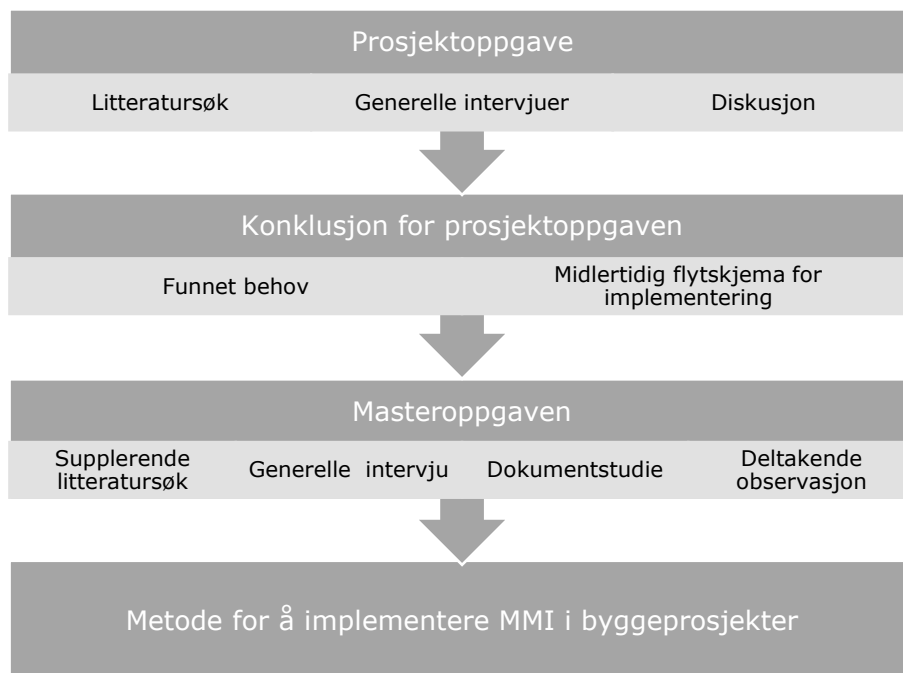
Delkapitler	Innhold
Innledning	Kapittel 1 inneholder bakgrunnen for oppgaven, formål, forskningsspørsmål og avgrensninger. Det videre arbeidet med oppgaven baserer seg på dette kapitlet.
Metode	Kapittel 2 gjøre rede for forskningsdesignet og hoveddesignet for empiriinnhenting i oppgaven. Det benyttes en kvalitativ tilnærming som inkluderer et litteraturstudium, 8 intervjuer, dokumentstudium og deltakende observasjon.
Teori	I kapittel 3 presenteres den viktigste teorien som er innhentet gjennom litteraturstudiet. Teorien representerer den eksisterende kunnskapen rundt de aktuelle temaene i oppgaven. Under hvert delkapittel er det utført en diskusjon av teorien, og tilslutt følger det en oppsummering av teorien.
Resultat	Kapittel 4 består av den analyserte empirien fra intervjuene, dokumentstudium og den deltakende observasjon. Resultatet er delt inn på en slik måte at det er laget 5 temaer som presenteres i hvert forskningsspørsmål, dette gir oppgaven en god struktur som er enkel å følge gjennom resten av oppgaven.
Diskusjon	I kapittel 5 diskuteres funnene fra resultatet og disse knyttes opp mot teorien. Forskningsspørsmålene diskuteres, og anbefalinger for hvordan MMI kan implementeres i et byggeprosjekt presenteres.
Konklusjon	I det siste kapitlet utføres det en oppsummering av oppgaven for hvert forskningsspørsmål og oppgavens formål besvares. I tillegg kommenteres nødvendig videre forskning av tematikken.

2 METODE

Dette kapitlet gir leseren av oppgaven innsikt i det forskningsarbeidet som har blitt utført. Dette skal sikre at oppgavens resultat er innhentet gjennom en gjennomsliktig prosess og at oppgaven gir et pålitelige resultat. Dette sikrer oppgavens etterprøvbarehet, dermed styrkes også validiteten og reliabiliteten til resultatene i oppgaven. I dette kapitlet presenteres derfor den aktuelle metoden for besvarelse av oppgaven. Først presenteres bakgrunnen for oppgaven og deretter presenteres benyttet strategi og forskningsdesign. Dermed følger en innføring i hoveddesignet til oppgaven, dette vil si en presentasjon av de benyttede metodene. Det utføres en argumentasjon for hvorfor disse metodene er valgt og en vurdering av kvaliteten til de ulike metodene. Avslutningsvis beskrives valgt metode for å analysere og systematisere den innhentede informasjonen.

2.1 BAKGRUNN FOR ARBEIDET MED OPPGAVEN

Denne oppgaven er en fortsettelse på arbeidet som ble påbegynt i prosjektoppgaven høsten 2018. Under arbeidet med prosjektoppgaven ble det utført et litteratursøk og to generelle intervjuer. Forskningsspørsmålene ble besvart ved bruk av den innhentede informasjonen og diskusjon rundt de funnene som ble gjort. Dette førte til en midlertidig konklusjon rundt tematikken, i tillegg ble behovene for videre arbeid kartlagt og det ble utarbeidet et midlertidig flytskjema. Hovedformålet med masteroppgaven er å videreutvikle dette flytskjemaet ved å utarbeide en implementeringsstrategi for MMI. Arbeidsprosessen for å besvare oppgavens formål er presentert i figur 1.



Figur 1: Illustrasjon over arbeidsprosessen med masteroppgaven

2.2 FORSKNINGSDESIGN

Kvantitativ – og kvalitativ metode

Forskning kan deles opp i to ulike tilnæringsmetoder og disse to utgjør hvert sitt kunnskapsperspektiv. Disse to metodene er henholdsvis kvantitativ metode og kvalitativ metode. Hovedforskjellene mellom disse to er illustrert i figur 2, i tillegg er også forskjellen mellom induktiv og deduktiv metode presentert i figur 2. Den induktive tilnærmingen handler om å samle inn data og utvikle teorier basert på innhentet data og analyse av den, mens den deduktive metoden er å utvikle teori eller å lage en hypotese og benytte forskningsdesignet til å teste denne (Saunders, Lewis og Thornhill, 2009).

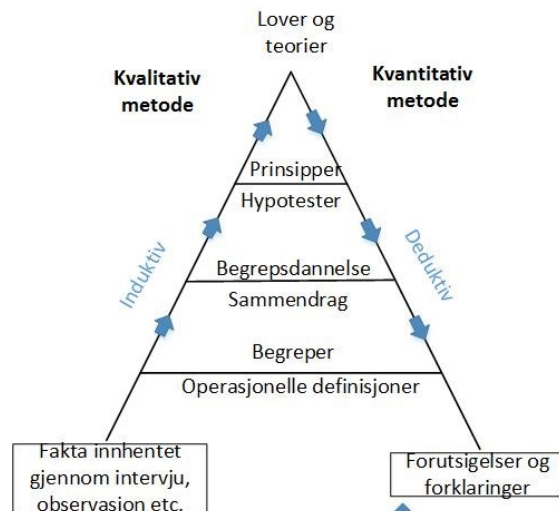
Den *kvantitative* tilnæringsmetoden baserer seg på bruken av målbare enheter, dette gir forskeren mulighet til å utføre regneoperasjoner og lage statistikker (Dalland, 2018). I en statistisk analyse er det ingen kontakt mellom forsker og forsøkspersonene, dette for å oppnå en objektiv empiri. Empirien benyttes for å besvare en hypotese ved bruk av en deduktiv prosess. Dette betyr å ta utgangspunkt i en teori, presenterer en antakelse om virkeligheten og deretter bekrefte eller avkrefte en hypotese (Olsson og Sørensen, 2003).

Den *kvalitative* tilnæringsmetoden benyttes for å finne meninger og opplevelser som ikke er mulig å tallfeste eller måle (Dalland, 2018). Forskeren tar i en slik metode utgangspunkt i subjektive oppfatninger av virkeligheten, som kommer frem av interaksjon mellom informant og forsker ved bruk av intervjuer, observasjoner, dokumentstudier eller casestudier. Målet med en kvalitativ metode er å utvikle nye kategorier, beskrivelser eller modeller for temaet som undersøkes (Olsson og Sørensen, 2003).

Kvalitetsvurdering

Reliabiliteten, eller påliteligheten til resultatene handler om hvor godt vi måler det vi har som mål å måle, altså om vi kan stole på de kartlagte dataene (Busch, 2013). I følge Sunnevåg (2007) er det begrensede muligheter for å sikre påliteligheten ved bruk av et kvalitativt forskningsdesign. Det finnes metoder som kan benyttes for å styrke reliabiliteten til kvalitativ forskning, hvordan påliteligheten sikres i oppgaven presenteres for hver metode som har blitt benyttet, i tillegg til at det presenteres en metode for hvordan resultatet skal analyseres og dermed sikre reliabiliteten i kapittel 2.4.

Validiteten, eller gyldigheten av det vi måler, altså om det vi måler er relevant for problemstillingen som skal besvares (Busch, 2013). Kvalitative metoder har et fortolkningsbasert ståsted, og spørsmålet er dermed om observasjonene som blir gjort representerer det fenomenet som det er ønskelig å vite noe om (Olsson og Sørensen, 2003). Busch (2013) kommenterer et tredje forhold som også bør vurderes med tanke på metodekvalitet, dette er generalisering, eller overførbarheten. Dette er knyttet til om resultatene kan overføres til andre bransjer eller situasjoner.



Figur 2: Forskjellen mellom kvalitativ og kvantitativ forskningsmetode (Olsson og Sørensen, 2003).

2.2.1 Valg av forskningsdesign

Valg av forskningsdesign avhenger av målet med forskningen, og må derfor velges i lys av forskningsspørsmålene. For å kunne besvare forskningsspørsmålene i denne oppgaven er det nødvendig å studere bruken av modenhetsstyring i byggebransjen. Det er dermed nødvendig å studere hvordan ulike bedrifter og prosjekter benytter seg av modenhetsstyring, og i tillegg også kartlegge hvilke hindringer som stopper bruken av modenhetsstyring. Ettersom at oppgaven skal undersøke et spesifikt miljø og en spesifikk arbeidsmetode, som det ikke er mulig å undersøke ved bruk av tall. Vil denne oppgaven basere seg på et kvalitativt forskningsdesign med en induktiv tilnærming.

2.3 HOVEDDESIGN

Valg av hoveddesign bør sees i lys av hva som er formålet med oppgaven. Sammenhengen mellom forskningsspørsmål, metode og analyse av data presenteres stegvis i dette kapitlet.

2.3.1 Litteraturstudie

Det har blitt utført et Scoping litteraturstudie, målet med en slik litteraturstudie er å kartlegge de sentrale konseptene, utforske viktige forfattere og finne ut hvordan litteratur som er tilgjengelig innenfor et forskningsområde. Dette vil gjøre den som utfører litteratursøket kjent med eksisterende litteratur, ved at all relevant litteratur blir identifisert (Arksey og O'Malley, 2005). Utførelsen av litteratursøket baserer seg på rammeverket utviklet av Arksey og O'Malley (2005):

Steg 1: Identifisere forskningsspørsmål

Steg 2: Identifisere relevante publikasjoner

Steg 3: Utvelgelse av litteratur

Steg 4: Kartlegging av data

Steg 5: Samle, oppsummere og rapportere resultatene

Steg 1: Identifisere forskningsspørsmål

Forskningsspørsmålene ble presentert i forstudierapporten som ble levert tidligere i semesteret, disse ble besluttet som et midlertidig utkast og kunne endres ved behov i løpet av arbeidet med oppgaven. Litteratursøket fungerte derfor som en metode for å kontrollere om forskningsspørsmålene var mulig å besvare, og om de var gode nok. Dette ble kontrollert ved å utføre søk rundt tematikken «Level of Development», for å skaffe en generell forståelse av temaet og innblikk i hvilke problemstillinger andre forfattere tok for seg når de skrev om temaet.

Steg 2: Identifisering av relevant litteratur.

Etter å ha besluttet at forskningsspørsmålene kunne benyttes videre, startet forfatteren på steg 2. Dermed ble det utført mer kontrollerte søk rundt tematikken, og på bakgrunn av denne gjentakelsen kan et scoping litteratursøk kalles for en iterativ prosess. Dette sikrer ifølge Arksey og O'Malley (2005) at all relevant informasjon plukkes opp.

Litteratursøket ble utført ved bruk av elektroniske databaser som hovedinformasjonskilde. Databasene ble valgt ut basert på samtale med bibliotekar på bygg - og arkitekturbiblioteket på NTNU. De benyttede databasene i rapporten er:

- Oria
- Compendex
- Scopus
- Google Scholar

Compendex og Scopus blir sett på som de viktigste databasene i de utførte litteratursøkene, mens Oria og Google Scholar benyttes for å finne eventuell komplimenterende litteratur. Det ble besluttet å utføre alle søk som «avanserte søk», da dette gjorde det enklere å avgrense søkene og dermed sortere ut den ikke relevante informasjonen. Resultatet av de ulike søkeord kombinasjonene er fremstilt i tabell 2. Det ble søkt på søkeordene i kun «tittel, nøkkelord og abstrakt» i Compendex og Scopus, for å begrense søkeresultatene og sikre resultatets relevans. Dette kan føre til at enkelte relevante artikler utelukkes, men dette var en nødvendig avgrensning grunnet tidsbruk. En slik begrensning er ikke mulig i Oria og Google Scholar, av den grunn er søkeresultatene i disse databasene ofte større enn i Compendex og Scopus.

Tabell 2: Oversikt over søkeord og resultater.

Søkeord og kombinasjoner	Database			
	Oria	Compendex	Scopus	Google Scholar
"Level of Development" OR LoD, AND "Building information model" OR BIM	45	143 Ekskludert: 34	124 Begrenset: 84	1980
Maturity AND "Building Information model" OR BIM, AND "design process"	159 Begrenset: 115	11	5	1130
"Level of Development" OR LOD, AND design, AND "execution plan"	75	1	13	687
"Lean design management"	37	19	23	390

Steg 3: Litteraturutvelgelse

Selve litteratursøkene ga mange treff, slik som vist i tabell 2. Det var derfor nødvendig å utføre filtrering av resultatene, for å utelukke de irrelevante referansene. Det er ikke mulig å filtrere resultatene i Google Scholar, men dette er en mulighet i alle de andre databasene og filtreringen ble utført for alle søk med over 100 treff. Filtringen ble utført ved å blant annet fjerne temaer og fagområder som ikke var relevante for oppgaven.

Etter å ha utført filtrering ble det satt ulike inkluderingskriterier. Disse kriteriene omhandler på relevansen til tittelen, nøkkelordene og abstrakt, vurdert opp mot relevans med tanke på problemstilling. Alle artikler som gjenstod i resultatet etter filtrering ble vurdert basert på inkluderingskriteriene på følgende måte:

- Har tittel relevans?
- Er nøkkelordene relevante?
- Er abstrakt relevant?

Dersom svaret på noen av disse spørsmålene var nei, ble ikke artikkelen tatt med videre i vurderingen. Dersom svaret på alle spørsmålene var ja, ble hele artikkel lastet ned og tatt med videre for ny vurdering på mot andre kriterier.

Steg 4: Kartlegging av data

Etter å ha valgt ut aktuell litteratur basert på tittel, nøkkelord og abstrakt, ble nøkkelementene for den utvalgte dataen analysert. I første omgang ble det laget en kort oppsummering av hver artikkel basert på:

- Forfatter(e), utgivelsesår, publisering, utgiver, dokumenttype og publiseringskanal
- Nøkkelord
- Hensikt, problemstilling og/eller forskningsspørsmål
- Metode

Deretter ble hver artikkelen analysert basert på TONE prinsippet. Denne metoden er i korte trekk er presentert i tabell 3. Dersom artikkelen scoret veldig dårlig på en av disse, ble den ekskludert og ikke tatt med i videre arbeid. Vurderingen av artikkelen som har blitt utført basert på TONE – kriteriene er ikke i henhold til hvordan et scoping litteratursøk skal utføres. I følge Arksey og O'Malley (2005) er ikke målet med et scoping litteratursøk å vurdere kvaliteten på litteraturen, men å presentere et overblikk over alt vurdert materiale. Derimot har det blitt utført en analyse av den innsamlede dataene, noe som i større grad samsvarer med et systematisk litteratursøk.

Tabell 3: TONE – kriteriene.

Kriteria	Vurdering
Troverdighet	Kunnskapsrik og anerkjent forfatter/utgiver, kvalitetskontroll, klar metode
Objektivitet	Objektiv og balansert kilde, fravær av interessekonflikter
Nøyaktighet	Oppdatert kilde, Omfattende, detaljert, og eksakt, Dokumentasjon og støtte i andre kilder
Egnethet	Relevant for informasjonsbehov

Litteratur som ble sett på som aktuell etter å ha blitt vurdert ved bruk av TONE, ble benyttet til å utføre «snowballing». Noe som vil si at de allerede godkjente artikkelen sine referanser ble benyttet for å finne flere relevante artikler. Det har blitt benytte både framover og bakover snowballing, forover baserer seg på å identifisere hvilke publikasjoner som siterer den aktuelle litteraturen og bakover er å benytte seg av referanser i referanselisten til artikkelen (Wohlin, 2014).

Steg 5: Samle, oppsummere og rapportere resultatene

Basert på metodikken til Arksey og O'Malley (2005) ble det i arbeidet som ledet frem til prosjektoppgaven høsten 2018 utformet en oversikt med presentasjon av resultatene fra litteratursøket. All litteratur som ble sett på som aktuelt i steg 4 har blitt vurdert ved bruk av TONE prinsippet og rapportert

Kvalitetsvurdering

Det var ukjent for forfatter hva som lå i begrepet Scoping litteraturstudie, noe som påvirket utførelsen av litteratursøket og spesielt resultatet. Fokuset til forfatter var å finne aktuell litteratur for å benytte i teoridelen i oppgaven, derimot omhandler egentlig et scoping litteratursøk å kartlegge hvilken informasjon som finnes. Dette gjør at metoden ved bruk av TONE for vurdering av litteraturen egentlig ikke tilhører i et scoping litteratursøk. Det kan derfor argumenteres for at det muligens heller burde vært utført et systematisk litteratursøk eller begge deler.

Et litteratursøk er svært tidkrevende og uoversiktlig i starten, og ettersom at forfatter manglet både kunnskap om tema og metode, kan dette ha påvirket litteraturinnhenting. Utfordringer som oppstod i oppstarten var blant annet knyttet til det å finne riktig database, søkeord og fremgangsmåte. Dette gav en forfatter en bratt læringskurve, og at forfatter underveis fikk bedre forståelse for hvordan søkene burde utføres og dokumenteres. I ettertid ser forfatter at dette kan ha påvirket litteratursøket negativt. All aktuell litteratur ble kanskje ikke funnet grunnet svak søkestrategi i starten. I tillegg ble litteratur som ble funnet og vurdert dokumentert for dårlig, dette gjør at prosessen ikke er like gjennomsluktig som den burde ha vært.

2.3.2 Intervjuer

Det har blitt utført 8 generelle semi – strukturerte intervjuer under arbeidet med oppgaven. Et semi – strukturert intervju benyttes når forskeren har en liste med spørsmål eller temaer som skal undersøkes, mens forskeren samtidig lar intervjuobjektet snakke fritt. Dette gjør det mulig å innhente beskrivelser av intervjuobjektets livsverden (Dalland, 2018). Det kvalitative forskningsintervjuet har en struktur som minner mye om den dagligdagse samtalen, men ettersom at det er et profesjonelt intervju inneholder det også en bestemt metode og spørreteknikk (Kvale og Brinkmann, 2009). På denne måten kan intervjuobjektet fortelle om sine synspunkter i tillegg til å svare på forskerens spørsmål, dette er mulig ettersom at kvalitative intervjuer fokuserer på å skape rom for refleksjon og gir intervjuobjektene mulighet til å sette ord på egne erfaringer (Busch, 2013).

Det ble benyttet en intervjuguide, hvor det var listet opp generelle spørsmål som omhandlet de tre forskningsspørsmålene. Oppgaveforfatteren tilpasset de generelle spørsmålene i intervjuguiden til intervjuobjektet, basert på deres arbeidsrolle og erfaring med bruken av MMI. Dataen fra intervjuene ble tatt opp på lydopptak og transkribert i ettertid. Dette gjorde det mulig for oppgaveforfatter å fokusere på samtalen under intervjuet istedenfor å fokusere på og ta notater. Intervjuguiden som ble benyttet under intervjuene ligger vedlagt i vedlegg 2.

Intervjuobjektene kommer fra ulike bedrifter og har ulike ansvarsroller. De ulike bedriftene og rollene er listet opp i tabell 4, i tabellen er det ingen sammenheng mellom bedriften og rollene. Det var ønskelig å innhente informasjon fra objekter med ulike roller, slik at det var mulig å få et bredere syn på tematikken. Samtidig var det nødvendig å innhente informasjon fra objekter som hadde kjennskap til tematikken, noe som begrenset antallet aktuelle intervjuobjekter. Intervjuene varte fra 50 min til 1 t og 20 min, basert på intervjuobjektens respons på spørsmålene i intervjuguiden. Variasjonen i tidsbruk kommer blant annet av at det varierer hvor mye erfaring de ulike intervjuobjektene har med MMI, og dermed hadde enkelte mindre å fortelle om enn andre. Intervjuene ble tatt opp på lydopptak, og deretter transkribert.

Tabell 4: Oversikt over bedrifter og roller intervjuobjektene kommer fra.

Bedrifter	Roller
Veidekke	Prosjekteringsleder for entreprenør og som byggherrerepresentant
Skanska	BIM – koordinator/rådgiver/manager
Xpro AS	Produksjon – og prosess sjef
	VDC Ansvarlig

Kvalitetsvurdering

Reliabiliteten av et gjennomført intervju kan variere, dette fordi kommunikasjonsprosessen og er en feilkilde som kan føre til store usikkerheter. I følge Dalland (2018) er det flere ting som kan påvirke påliteligheten i et intervju:

- Har spørsmålet blitt oppfattet riktig?
- Forstår intervjueren svaret riktig?
- Har svaret blitt notert ned riktig? Det er vanskelig å få med alt, og egne forkortelser kan være vanskelige å tyde i ettertid.
- Er lyden på lydopptaket godt nok?
- Feil under transkribering av lydopptaket

For å redusere disse feilkildene er det viktig med et godt forarbeid og oppmerksomhet underveis i gjennomføringen, i tillegg bør transkriberingen sendes til intervjuobjektet for gjennomlesning. Validiteten til intervjuene vil avhenge av kvaliteten på intervju spørsmålene, spørsmål som ikke gir svar på det som egentlig var tenkt gir dårlig gyldighet for problemstillingen. Det er også viktig å intervju de riktige personene, med rett kunnskap, for å få gyldige svar på spørsmålene. Denne feilkilden kan reduseres ved å utarbeide en god intervjuguide, og ved å gjøre en god vurdering av intervjuobjekter.

2.3.3 Dokumentstudie

Bruken av dokumentasjon bør benyttes for å støtte oppunder bevis fra andre kilder, grunnet kildenes svakhet med hensyn til fare for ufullstendig rapportering, tilbakeholdelse av dokumentasjon og dårlig tilgjengelighet (Yin, 2014).

Det har blitt utført enkelte dokumentstudier underveis i arbeidet. Dokumentene som har blitt benyttet har blitt tilsendt forfatter etter intervjuer og informasjon fra dokumentene har også blitt omtalt i intervjuene. Oppfølgingskjemaet til prosjektet hvor forfatter var med på deltakende observasjon har også blitt analysert. Hvilke dokumenter som har blitt analysert er presentert i tabell 5.

Tabell 5: Oversikt over datakilder fra dokumentstudium

Dokumenter
Veileder: Involverende planlegging i Prosjektering. Veidekke, 2.utgave
Power Point: E6 Arnkvern Moelv Digitalisering, 14.11.2018. Veidekke
Prosjektoppfølgning, XPRO AS

Kvalitetsvurdering

Disse dokumentene er ikke laget med tanke på forskning, og er derfor praktisk rettet. Derfor kan tolkningen av disse gjøres etter behov. Disse dokumentene er derimot viktige for å skape en bedre forståelse av hva som har kommet fram i intervjuer og dette gjør

resultatet mer gyldig. Det er viktig å benytte tilsendte dokumenter med varsomhet, ettersom at de kan være valgt ut for å vise en spesiell side, noe som skaper bias eller et ukomplett syn på saken (Yin, 2014).

2.3.4 Deltakende observasjon

Observasjon gir oss mulighet til å med egne øyne se hvordan mennesker samhandler og handler, og hvordan folk forholder seg til sitt fysiske miljø (Dalland, 2018). Deltakende observasjon gir en unik mulighet til å innhente informasjon. Dette gir en mulighet til å få tilgang til grupper eller arrangement som ellers er utilgjengelig. Samtidig muliggjør det også å se på tematikken fra «innsiden», istedenfor å stå på utsiden og vurdere saken. Mange vurderer et slikt synspunkt som uvurderlig for å produsere et korrekt portrett av det som undersøkes (Yin, 2014).

Observasjon kan utføres med to tilnærminger, enten som fokusert eller ufokusert. Ufokusert observasjon baserer seg på en induktiv tilnærming med et udefinert mål for observasjonen. Fokusert observasjon baserer seg på en deduktiv tilnærming, hvor observatøren har et forhåndsdefinert mål (Postholm og Jacobsen, 2011). Den deltakende observasjonen ble utført som en ufokusert deltakende observasjon, ettersom at oppgaveforfatter kun ønsket å erfare hvordan et oppstartsmøte kunne fungere og dermed ikke hadde noen spesiell målsetning om hva observasjonen skulle føre til, annet enn å gi forfatter en bedre innsikt og forståelse for oppgavens tematikk.

Det har blitt utført deltakende observasjon på et oppstartsmøte. På dette møte introduserte prosjekteringsleder MMI for de andre deltakerne i prosjekteringsgruppen. Forfatter var på dette møtet med som fasilitator og fungerte i tillegg som støtte for prosjekteringslederen som ikke hadde benyttet MMI tidligere. Målet med observasjonen var å innhente informasjon om hvordan en oppstartssamling fungerer i praksis, og observere hvilke utfordringer som oppstår underveis når MMI defineres.

Kvalitetsvurdering

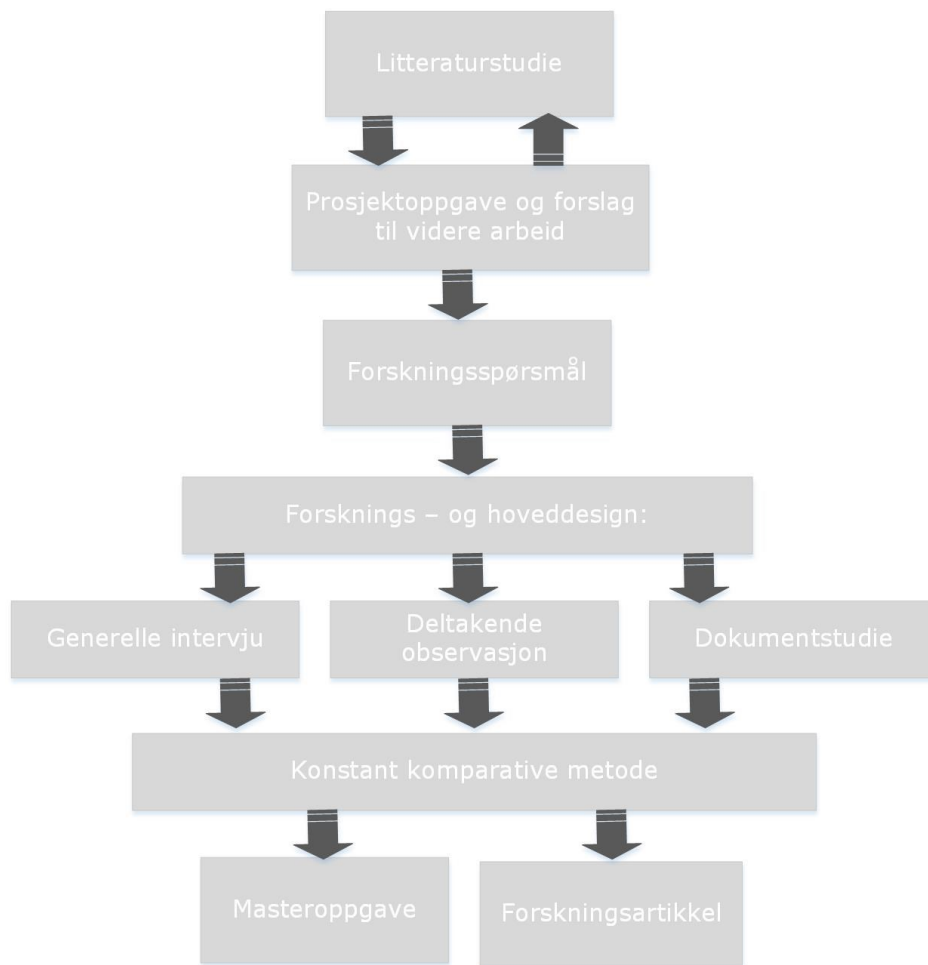
Hovedutfordringen ved å bruke denne metoden er at den kan føre til at observasjonen som blir gjort er partiske. Dette fordi observatøren ikke har mulighet til å jobbe som en ekstern observatør og må, noen ganger, anta posisjoner og roller i strid med hva som sees på som god forskningspraksis. Observatøren kan bli en tilhenger av gruppen han observerer. Deltaker rollen kan kreve for mye i forhold til observatørrollen.

En annen utfordring med observasjon er at det kan være vanskelig å i ettertid huske hva som skjedde. Derfor kan det være en fordel å filme møtet, dette kan derimot påvirke møtet negativt, ved å gjøre deltakerne ukomfortable eller ved at de ikke opptrer naturlig.

Ulempen med bruk av ufokusert observasjon er at det ikke er planlagt hva observatøren skal se etter og dermed kan dette gi observatøren mindre utbytte av observasjonen.

2.4 ANALYSE AV INNSAMLET DATA

Det valgte forskningsdesignet og hoveddesignet skal kunne besvare de tre forskningsspørsmålene i oppgaven. For å kunne gjøre dette på en pålitelig og gyldig måte kreves det en god strategi for hvordan den innhentede dataen skal analyseres. Nedenfor følger en illustrasjon i figur 3, som viser hvordan metoden er bygget opp og hvordan analysen skal utføres.

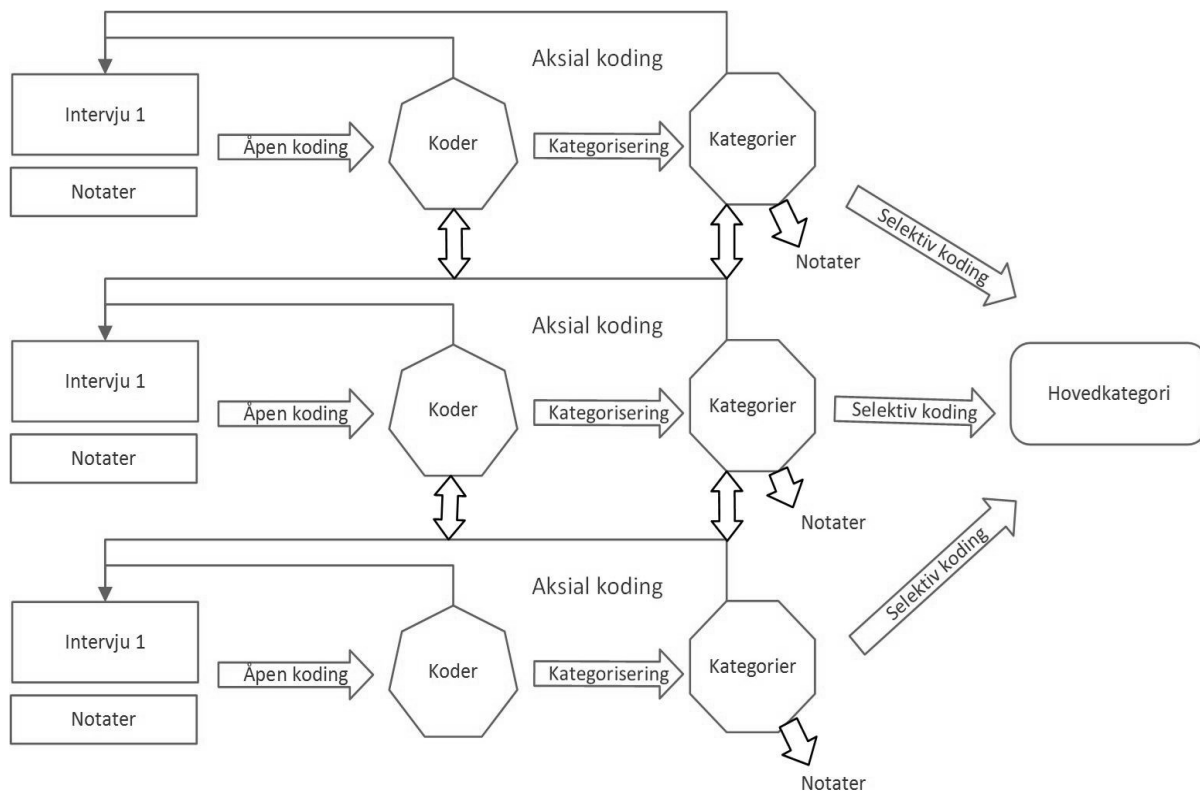


Figur 3: Oppbygging av besvarelsen av forskningsspørsmålene.

Sunnevig (2007) sier at det er vanskelig å sikre reliabiliteten i kvalitativ forskning. For å kompensere for denne svakheten har en metode kalt en konstant komparativ metode (constant comparative method, CCM) blitt utviklet. Denne metoden ble først omtalt av Glaser og Strauss (1967), men har siden blitt videreutviklet av andre forskere som Corbin og Strauss (2008). CCM sammenligner i hovedsak hendelser for å klassifisere data. Hver hendelse blir sammenlignet med andre hendelser for å sammenligne likheter og ulikheter. Dersom en hendelse blir kommentert i flere sammenhenger, gir dette den en høyere pålitelighet enn om den kun kommer frem ved et tilfelle (Corbin og Strauss, 2008). Det er i hovedsak tre metoder som kan benyttes for å klassifisere dataen.

1. Åpen koding, se på teksten, linje for linje eller paragraf og ta tak i det viktigste som blir sagt
2. Aksial koding sammenligner de åpne kodene og relaterer dem sammen i kategorier, basert på hva som har blitt sagt
3. Selektiv koding, her forsøkes det å finne hovedtemaet for forskningen

Dette gir flere hovedkategori som passer til forskningstematikken, og som kan forklare hva forskningen handler om. Prosessen er illustrert i figur 4. Dette er en iterativ prosess, det er viktig å gå tilbake for å kontrollere at den innsamlede dataen støtter oppunder kodene og kategoriene som har blitt identifisert. Etter å ha utført denne analysen er det mulig å se hvordan data passer sammen og hvordan det kan fremstilles i resultatet.



Figur 4: The Constant Comparative Method (Knotten et al., 2017a)

CCM ble benyttet for å analysere intervjuene, først ble det transkriberte intervjuet lest igjennom. Deretter ble det utført åpen koding, dette ble utført med utgangspunkt i forskningsspørsmålene, slik at de setningene som fremstod som mest aktuelle for å besvare hvert forskningsspørsmål ble markert. Det ble benyttet ulik farge for hvert av forskningsspørsmålene, slik at dette skulle være enkelt å finne igjen etterpå. Etter å ha markert de aktuelle setningene for å besvare forskningsspørsmålene, ble det utført aksial koding. Dette ble utført ved at de markerte setningene ble relatert sammen og samlet i overordnede kategorier, basert på det som hadde blitt sagt. Tilslutt ble det utført selektiv koding, hvor fokuset var å trekke ut hoved essensen av det som stod i hver kategori. Denne prosessen førte til at oppgaveforfatter utviklet de fem underkapitlene som benyttes i resultatet og diskusjonen, og disse danner også grunnlaget for å besvare oppgavens hovedformål vedrørende hvordan MMI kan implementeres i et byggeprosjekt.

Etter å ha utført de tre stegene med koding, ble også dokumenter som hadde blitt tilsendt oppgaveforfatter etter intervjuer analysert. Det ble gjort en vurdering på hvilke elementer i dokumentene som passet sammen med og som kunne understreke poengene i hovedkategoriene. Elementer fra dokumentene som kunne forsterke forståelsen av tematikken ble tatt med i oppgaven. Informasjonen som ble innhentet ved bruk av deltakende observasjon bidra i størst grad til å gi oppgaveforfatter bedre forståelse av tematikken, og her derfor ikke blitt analysert i noen utbredt grad.

3 TEORI

Dette kapittelet omhandler de relevante funnene fra litteratursøket, funnene er her oppsummert og det blir utført en refleksjon rundt relevansen av den presenterte teorien.

3.1 PROSJEKTERINGSPROSESSEN

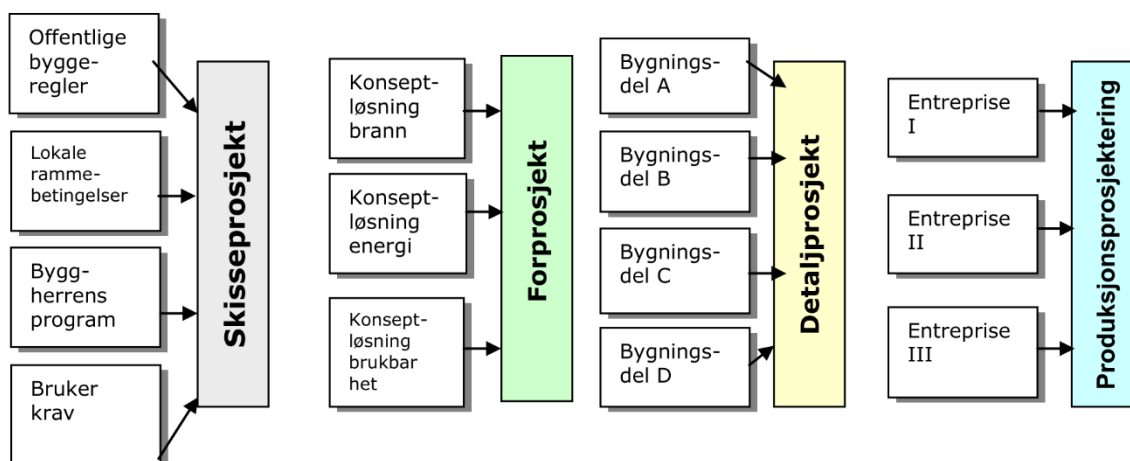
Prosjektering er en fellesbetegnelse for det arbeidet arkitekter, rådgivende ingeniører og de prosjekterende hos entreprenør skaper når de utformer tegninger og beskrivelser for utførelsen av et byggeprosjekt (Westergaard, Arge og Moe, 2009). De aktørene som deltar i prosjekteringsarbeidet samles i det som kalles en prosjekteringsgruppe. Prosjekteringsgruppen har ansvaret for å utvikle dokumentgrunnlaget som trengs for byggeprosjektet, modellen av bygget, som består av en helhetlig samordnet sett av løsninger (Meland, 2000). Arbeidet som utføres av prosjekteringsgruppen i de tidlige fasene i prosjekter er essensielle for å oppnå et suksessfullt byggeprosjekt (El Reifi, Emmitt og Ruikar, 2013).

3.1.1 Avhengigheter og grensesnitt

Byggebransjen er konstant i endring med økende kompleksitet, ettersom at byggeprosjekter må tilpasses dagens utfordringer som bærekraft, energibruk, teknologisk utvikling og andre klimaendringer (Knotten, 2018). Bygninger inneholder mer spesialisert utstyr, teknisk infrastruktur og flere tverrfaglige problemer må løses i dag enn tidligere (Gray og Hughes, 2001). Dette gjør at grensesnittene i prosjekteringen og byggeprosjekter stadig blir mer komplekse. I prosjekteringsprosessen er det to grensesnitt å ta hensyn til, fasevise - og faglige grensesnitt, disse grensesnittene er illustrert i figur 5. Et fasevist grensesnitt går mellom de ulike fasene i prosjektet. Her er det fare for at informasjon forsvinner mellom fasene eller at det prosjekterte materialet ikke blir kommunisert, og dermed ikke blir tatt med til neste fase. Det faglige grensesnittet går mellom de ulike prosjekteringsområdene i hver fase. Manglende kommunikasjon kan føre til at de ulike fagene ikke tar hensyn til hverandres behov i prosjekteringen. Grensesnittene oppfattes ofte som flytende i prosjekteringsprosessen, dette fordi det er i denne prosessen prosjektet utvikles og det er store usikkerheter rundt målet med prosjektet (Westergaard, Arge og Moe, 2009).

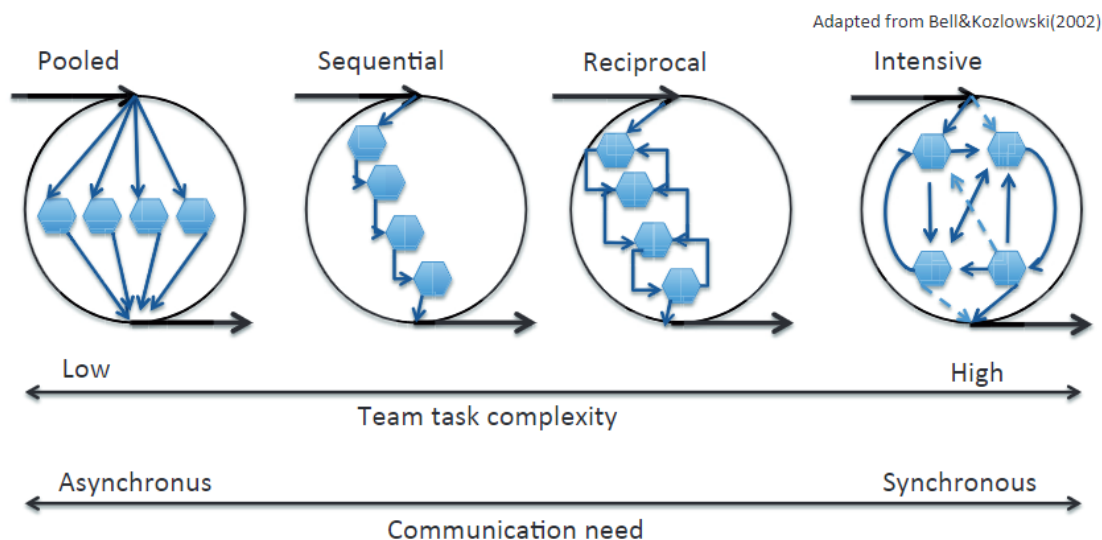
Grensesnittene kan håndteres ved å definere en tydelig rollefordeling. *«Effektiv informasjonsflyt krever klarhet i hvem som har ansvar for hvilken informasjon. Riktig informasjon skal komme frem til rett aktør i rett tid, slik at gode beslutninger kan tas uten unødvendige forsinkelser. Derfor må det spesifiseres hvem som fyller disse rollene»* (Bygg21, 2015). Det er viktig at alle roller i et prosjekt blir ivaretatt, og hvert prosjekt må selv definere gjennomføringsmodell, prosjektorganisasjon og definere hvem som skal utføre de ulike oppgavene. Bygg21 (2015) foreslår en hierarkisk ansvarsdeling i rollene, som kan forstås i tre ulike nivåer:

1. Oppdragsgivernivå (representerer og forplikter eiere og brukere)
2. Prosjektledernivå (tar ansvar for helheten på tvers av leverandørgruppa)
3. Leverandørnivå (teamene som i praksis utøver sine fag)



Figur 5: Grensesnittene i prosjekteringsprosessen (Westergaard, Arge og Moe, 2009).

En annen årsak til at prosjekteringsprosessen fremstår som kompleks, er alle iterasjonene som oppstår i utviklingen av prosjekter (Ballard, 2000a). Utviklingen av et byggeprosjekt består av en prosess som både er kreativ, iterativ og innovativ (Knotten *et al.*, 2015), iterasjonene er essensielle for verdiskapning i prosjektet (Ballard, 2000a). Iterasjonene oppstår fordi det finnes mange forskjellige løsninger på et design problem, og en valgt løsning vil skape nye problemer som må løses. Derfor er prosjekteringsaktiviteter i stor grad gjensidig avhengig av hverandre (Knotten *et al.*, 2015). Thompson (1967) delte avhengighetene opp i tre ulike typer: sammenslåtte (pooled), sekvensielle (sequen-tiel) og gjensidige (reciprocal). (Bell og Kozlowski, 2002) la til intensive, disse fire typene avhengigheter illustreres i figur 6.



Interdependence	Pooled	Sequential	Reciprocal	Intensive
Coordination	Standardization	Plan	Mutal adjustment	Mutal adjustment/negotiation

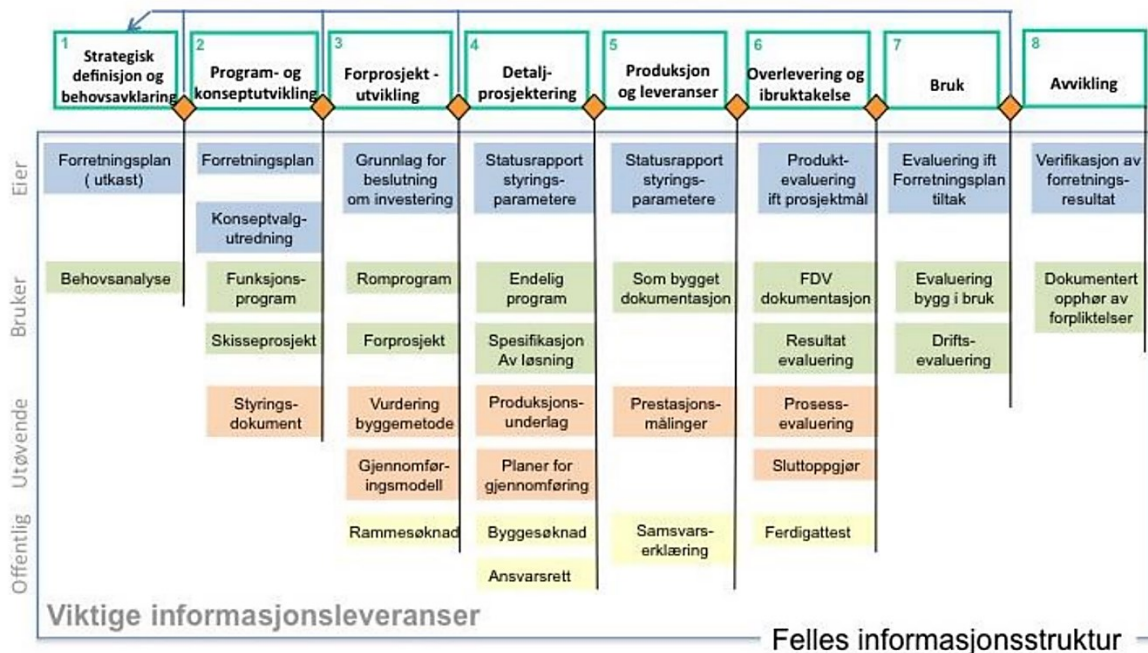
Figur 6: Avhengigheter og koordinering i prosjekteringsprosessen (Knotten, 2018).

Prosjekteringsprosessen består av gjensidige og intensive avhengigheter, noe som står i stor kontrast til produksjonsprosessen som stort sett består av sekvensielle avhengigheter (Knotten *et al.*, 2015). Avhengighetene som oppstår i prosjekteringsprosessen er en av de største utfordringene for en prosjekteringsleder og disse må koordineres på en god måte (Westergaard, Arge og Moe, 2009). De ulike avhengighetene har ifølge Thompson (1967) ulike koordineringsmetoder. Sammenslåtte avhengigheter krever koordinering ved bruk av standardisering, dette innebærer opprettelse av rutiner og regler. Sekvensielle avhengigheter krever koordinering ved bruk av planer, eks. fremdriftsplaner eller leveranseplaner. Gjensidige og intensive avhengigheter krever koordinering av informasjonsoverføring underveis i prosessen.

Prosjekteringsprosessen er viktig for gjennomføringen av produksjonen av bygget, men også for verdien til det ferdige bygget. Derfor er det viktig at prosjekteringen utføres på en god måte, da en dårlig prosjekteringsprosess i verste utfall kan gi en misfornøyd bruker og at byggets bruksverdi blir lavere enn forventet. Prosjekteringsleder er nødt til å fokusere på koordinering av grensesnittene og avhengighetene i prosjekteringen. Prosjekteringsleder må sikre god informasjonsoverføring mellom fasene og kommunikasjon mellom de ulike aktørene i prosessen, i tillegg til å sikre at avhengighetene i prosjektet kartlegges og behandles på en god måte. Dette krever god planlegging og en strukturert prosjekteringsprosess, dersom prosjekteringsleder klarer å skape en slik prosess kan også unødvendige iterasjoner unngås i prosjekteringen.

3.1.2 Faseinndeling av prosjekteringsprosessen

Byggebransjen er en fragmentert bransje som består av mange ulike aktører. Alle aktørene ønsker stort sett å jobbe hver for seg på sine egne premisser. Derfor benytter også omtrent alle aktørene sine egne standardiserte faseinndelinger og roller i et byggeprosjekt. Det at alle aktører benytter sine egne rammeverk og ingen benytter samme faser, skaper kommunikasjonsproblemer på byggeplass (Westergaard, Arge og Moe, 2009). Det er nødvendig med en systematisk tilnærming og felles implementeringsstrategi i bransjen, dette fordi det er et konstant behov for kontinuerlig forbedring og å lære fra tidligere erfaringer i bransjen for å skape bedre produktivitet (Knotten, Klakegg og Hosseini, 2016). Bygg21 (2015) har laget et felles rammeverk, og språk, for byggeprosesser i Norge. Denne kalles «Neste steg» og kan sees i figur 7.

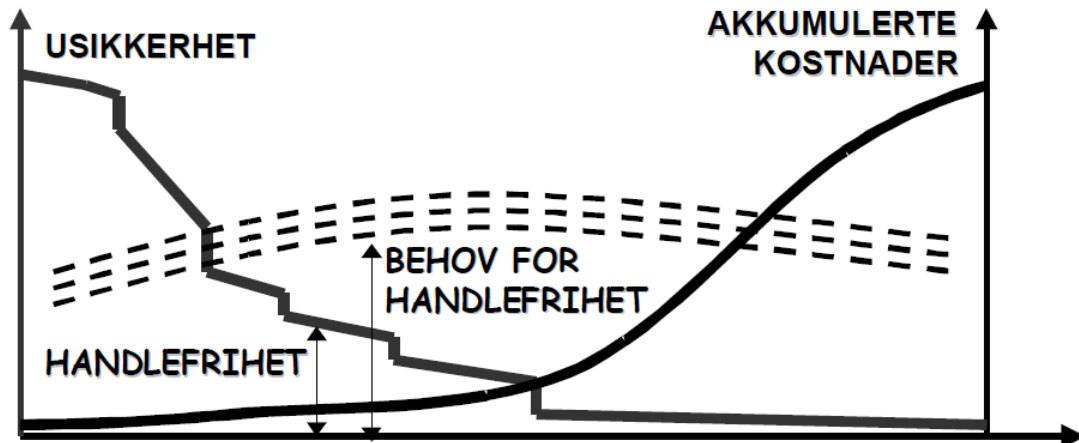


Figur 7: Veileder for fasenormen neste steg (Bygg21, 2015).

Logikken bak dette rammeverket er at for hvert steg, bør en stoppe opp og sjekke status, f r en går videre til neste steg; og en kan kun går videre til neste steg dersom alt er i orden (Knotten, Klakegg og Hosseini, 2016). Dermed fungerer inndeling av faser som milepæler mellom ulike nivåer i prosjektutviklingen. Faser kan bli sett på som prosjektets utviklingstrinn (Westergaard, Arge og Moe, 2009). Disse milepælene mellom fasene kaller Knotten, Klakegg og Hosseini (2016) for beslutningspunkt, og dette er et n kkeelement i en god implementeringsstrategi. Beslutningspunktene skal generelt sett, sikre at de rette beslutningene blir tatt på rett tid.

3.1.2.1 Tidlig fase prosjektering

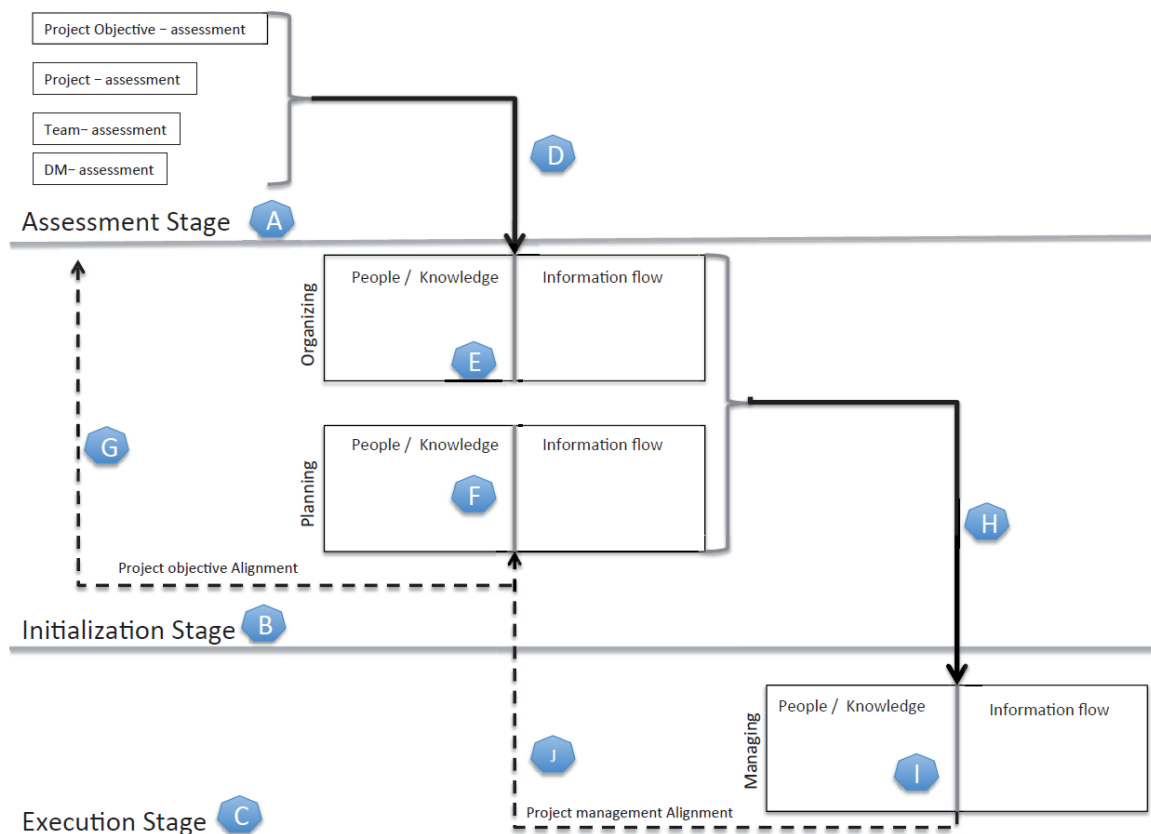
Tidlig fasene i prosjekteringsprosessen trekkes fram som svært viktige for å redusere usikkerhet og forbedre kvalitet i eksisterende forskning (El. Reifi og Emmitt, 2013). Dette fordi det er i tidlig fase det i størst grad er mulig å påvirke prosjektets utforming og hvor endringer har minst betydning for endelig kostnad (Samset, 2008). En beslutning om endring er innenfor mulig handlingsrom så lenge det ikke skaper konflikt med tidligere beslutninger som er gjort i prosjektet. Figur 8 viser at det er større handlingsrom i tidlig fasen enn senere i produksjonen. Et problem som ofte oppstår i et byggeprosjekt er derimot at kunder, brukere og de prosjekterende ikke vet hva som er byggets mål f r handlingsrommet er på vei mot   lukkes (Eikeland, 2001). Et annet problem med tidlig fasen er at den er vanskelig å evaluere og kontrollere mot satte fremdriftsmilep ler. Manglende fysiske leveranser som tegninger, gjør at det er vanskelig å måle hvor mye arbeid som har blitt utført og hvor mye som gjenstår på en gitt arbeidsoppgave og på hele prosjektet (Ballard og Koskela, 1998).



Figur 8: Endring av usikkerheten, handlefriheten og kostnader over tid (Eikeland, 2001).

For å løse disse problemstillingene stilte Knotten (2018) spørsmålet «Hvordan bør prosjekteringsledelsen håndtere de tidlige fasene i et byggeprosjekt?». Oppsummert fant han ut at prosjekteringsledelse i tidlig fasene avhenger av konteksten til prosjektet (prosjektet i seg selv, aktører, sted, målsettinger, kunde, tilgjengelig tid og budsjett). I stedet for å finne en spesifikk arbeidsstrategi for prosjekteringsledere, foreslår han at prosjekteringsledere trenger å behandle hvert prosjekt individuelt, ved å vurdere konteksten og planleggingen av prosjekteringsledelsen. Basert på dette presenterte han et generisk rammeverk for å hjelpe prosjekteringsledere å håndtere tidlige fasene i prosjekteringen.

Det generiske rammeverket til Knotten (2018) er presentert i figur 9 og er i hovedsak delt inn i tre hoveddeler, vurdering, initialisering og utførelse. Først må prosjektet vurderes, og resultatet fra dette steget gir en oversikt over prosjektet og over hvilke funksjoner som skal være med som input til neste steg. Deretter i andre steg må prosjektet planlegges og prosjekteringen må organiseres før prosjektet kan starte. Dette kalles for initialisering og referer til starten av prosjekteringen, resultatet fra initialisering gir input til hvordan utførelsen skal ledes. Tredje steg er utførelsen hvor prosjekteringsprosessen utføres og prosjekteringslederen må følge opp prosessen. Dette rammeverket er generisk og kan benyttes i ulike stadier av prosjektet. (Knotten, 2018) argumenterer også for at dette rammeverket er kompatibelt sammen med rammeverket til Bygg 21, Neste steg. Noe som stemmer godt, da blant annet steg 1 i Neste steg har som formål å identifisere begrunnelse for prosjektet, overordnede mål og rammer for tiltaket (Bygg 21, 2015). Noe som også er hovedfokuset i det første steget i Knotten, Klakegg og Hosseini (2016) sitt generiske rammeverk.



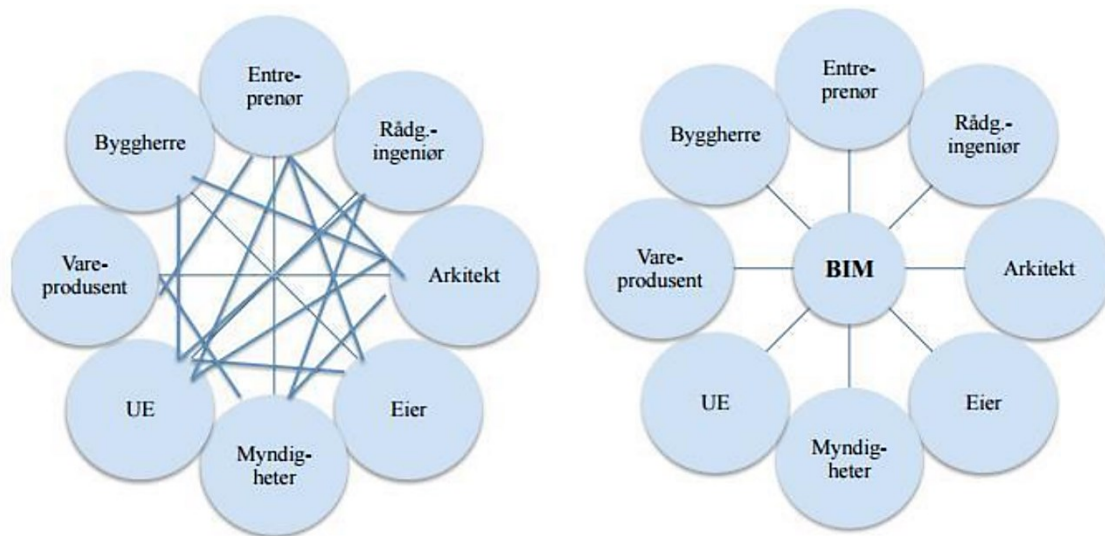
Figur 9: Rammeverk for å håndtere tidlig fase prosjektering (Knotten, 2018).

Et felles rammeverk for hele byggebransjen er viktig, da dette skaper en felles forståelse for hvilket arbeid som skal utføres og hvordan struktur arbeidet skal utføres etter. Dette gir en standardisering av arbeidsprosesser som bedre mulighet til å se forbedringsmuligheter. Rammeverket til Bygg 21 er derfor et godt utgangspunkt for videre arbeid med oppgaven. Ved å i tillegg benytte rammeverket for tidlig fase presentert i figur 9, vil det i stor grad være mulighet for å sikre at beslutninger blir tatt til rett tid og at riktig input/output blir produsert. Dette vil sikre verdiskapningen i prosjekteringsprosessen, unngå unødvendige endringer og generelt øke effektiviteten i byggeprosjekter.

3.2 FRA TRADISJONELL PROSJEKTERING TIL BIM, LEAN OG VDC

De siste årene har byggebransjen opplevd et teknologisk skifte, ved implementeringen av bygnings informasjons modeller (BIM). BIM er en metode for å digitalisere informasjon, og inneholder informasjon om prosjektet (Knotten, 2018). Informasjonen i modellen kan refereres til å være n-dimensjonal, hvor enkelte deler kan bestå av opptil seks dimensjoner for modellerte elementer. De første tre dimensjonene er romlige dimensjoner, 1D – 3D. Den fjerde, 4D, består av fremdriftsplanlegging, den femte, 5D, kostnadselementer og den sjette, 6D, livssyklusen til elementene (Abou-Ibrahim og Hamzeh, 2016; Nøklebye, 2018). Kommunikasjons – og informasjonsflyten bør endres ved bruken av BIM, ved at all kommunikasjon bør gå gjennom modellen. Dette er i stor kontrast til tradisjonell prosjektering, og forskning viser at de aller fleste prosjekter tar i bruk BIM uten å endre prosessen (Abou-Ibrahim og Hamzeh, 2016). Forskjellen på kommunikasjon – og informasjonsflyt i et BIM prosjekt kontra et tradisjonelt prosjekt er vist i figur 10. Westergaard, Arge og Moe (2009) påpeker at en tverrfaglig og helhetlig modell, er

avgjørende for at beslutninger i utviklingen kan gjøres tydeligere, mer kommuniserbare og tas på tidligere tidspunkt enn hva som har blitt gjort tradisjonelt.

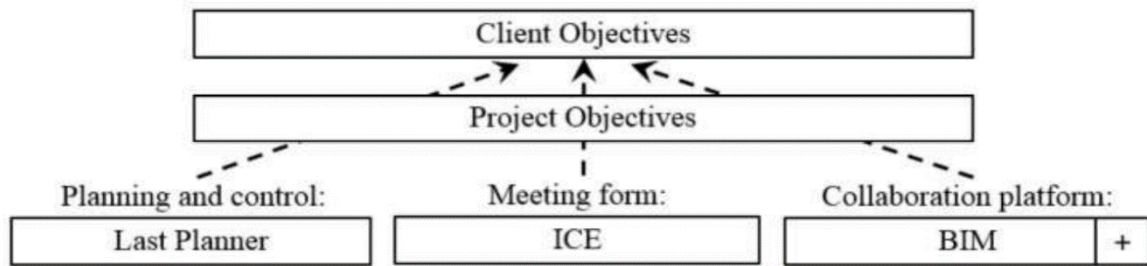


Figur 10: Endring av kommunikasjon og informasjonsflyt ved bruk av BIM i prosjekteringsprosessen (Chen et al., 2005).

Sacks et al. (2010a) mener at bruken av BIM og Lean sammen kan føre til at byggeprosjekter oppnår sitt fulle potensial i større grad enn om verktøyene brukes hver for seg. Bruken av BIM og Lean sammen kan føre til økt verdiskapning for kunden. Det er lettere å visualisere prosjekteringsarbeidet, dette gjør at det verdiskapende arbeidet kan bli forbedret, og at det blir enklere å identifisere og fjerne arbeidsoppgaver som ikke skaper verdi. I tillegg kan antallet iterasjoner og feil bli redusert, dette fører til raskere, bedre og en mer økonomisk byggeprosess (Tauriainen et al., 2016).

Svalestuen et al. (2018) poengterer at alle aktørene som er med i prosessen er nødt til å benytte seg av modellen, dersom enkelte aktører ikke benytter seg av BIM vil kommunikasjon og informasjon skje på utsiden av modellen og potensialet til bruken vil ikke bli oppnådd. Riktig implementering av BIM hjelper til å skape en strømlinjeformet prosjekteringsprosess hvor en unngår sløsing, endringer og feil (Abou-Ibrahim og Hamzeh, 2016). Bruken av BIM har potensiale til å endre hele byggebransjen, men ledelsesstrategien til prosjekteringsleder kan forhindre at potensiale til bruken av BIM ikke blir oppnådd (Tauriainen et al., 2016).

Utfordringene som er presentert over må løses for å få til en god prosjekteringsprosess. Der er funnet synergieffekter mellom Lean og BIM, men disse to fungerer også godt hver for seg (Sacks et al., 2010a). Det er lite effektivt å implementere ny teknologi inn i en dårlig prosess, men det er derimot et stort potensial i å implementere ny teknologi i en effektiv arbeidsprosess. Virtual Design in Construction (VDC) fokuserer på det å samkjøre ny teknologi relatert til BIM sammen med Lean tankegangen og praksis (Kunz og Fischer, 2012). Forslag til et rammeverk for bruken av VDC kan sees i figur 11. Dette er utarbeidet av Skanska, hvor de kombinerer Lean tankegang og metoder, med BIM arbeidsmetoder. Akkurat som i Lean er hovedfokuset kundens mål med prosjektet, og målet er å skape det kunden bestiller med minst mulig sløsing (Fosse, Ballard og Fischer, 2017).



Figur 11: Bruken av VDC i Skanska (Fosse, Ballard og Fischer, 2017).

Problemet med at mange aktører ikke benytter seg av BIM, er per i dag stort og det er dermed vanskelig å oppnå det fulle potensialet av bruken av BIM. I prosjekter i dag blir ofte ikke BIM benyttet, men kun BM, da informasjonen (I) ligger andre steder. Dette må endres i tiden fremover for å skape en mer produktiv prosjekteringsprosess og byggebransjen generelt. Prosjekteringsledere må legge opp til at all kommunikasjon og informasjon skal gå gjennom modellen, slik at alle aktører tvinges til å ta i bruk BIM. Det er mulig å ta i bruk Lean tankegangen og VDC uansett hvor mye BIM benyttes på et prosjekt. Det er en fordel å ha et VDC rammeverk som kan tilpasses til graden av utnyttelse av BIM i prosjektet, da planleggings og ledelses verktøyene kan benyttes til en viss grad uansett.

3.3 PLANLEGGING AV PROSJEKTERINGSPROSESSEN

Det er viktig med god planlegging av prosjekteringsprosessen grunnet alle iterasjonene, de komplekse oppgavene og avhengighetene (Hamzeh, Ballard og Tommelein, 2009). I tillegg som presentert i figur 8, blir store deler av kostnadene og kvaliteten på byggeprosjekter låst lenge før produksjonen starter og derfor er det ekstremt viktig å ikke bare «gjøre ting riktig», men heller fokusere på å «gjøre de riktige tingene riktig» (Hansen og Olsson, 2011). I de kommende underkapitlene presenteres planleggings og kontroll verktøyet Last Planner™, i tillegg til Veidekkes versjon Involverende Planlegging (IPP) og ICE møter, deretter presenteres Level of Development (LoD) og bruken av LoD til å utarbeide en beslutningsplan, tilslutt presenteres Demings sirkel.

3.3.1 Last Planner Systemet™

Last Planner™ foreslås som en av verktøyene som trengs for å oppnå en god ledelse av prosjekteringsprosessen (Knotten *et al.*, 2015). Dette verktøyet kan sees på som et verktøy for å realisere bruken av Lean prosjektering (Munthe-Kaas *et al.*, 2015). Bruken av Last Planner™ hjelper prosjekteringsleder med å utvikle og holde fremdriftsplanen, og kontrollere informasjonsflyten i et prosjekt (Tauriainen *et al.*, 2016).

Last Planner™ er et planleggingsverktøy utviklet av Ballard (2000b) som transformerer det som BØR gjøres, til hva som KAN bli gjort. Dette danner en god oversikt over hvilke arbeidsoppgaver som er klare til å utføres, og danner et grunnlag for utarbeidelsen av ukentlige arbeidsplaner. Systemet inneholder flere elementer, som fungerer som effektive tiltak for å løse det som tradisjonelt har blitt sett på som utfordringer i prosjekteringsprosessen. Blant annet metoder for planlegging ved bruk av planleggingsmøter, langsiktig tenkning for å løse problemer før de oppstår, kontroll av leveranser ved bruk av PPC og rotårsaker, i tillegg til læring ved å analysere fremdriften til prosjektet (Fosse og Ballard, 2016). I et skandinavisk perspektiv er de to viktigste bidragene fra Last Planner Systemet™ i prosjekteringsprosessen introduksjonen av

planleggingsprosessen ved bruk av post – it lapper, og hindringsanalyse ved å kontrollere rotårsaker (Bølviken, Gullbrekken og Nyseth, 2010).

3.3.1.1 Involverende planlegging

Involverende Planlegging Prosjektering (IPP) er en tilpasning av Last Planner Systemet™ til prosjekteringsprosessen, som har blitt utviklet av Veidekke (Bølviken, Gullbrekken og Nyseth, 2010; Uusitalo *et al.*, 2017). IPP er basert på fire hovedelementer som er vist i tabell 6, elementene er basert på gjennomførelse ved bruk av totalentreprise.

Tabell 6: Hovedelementene i IPP (Knotten *et al.*, 2017b).

<p>Oppstartsprosessen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definere prosjektet. • Avklare ledergruppa (PPA). <p><i>Oppstartssamling</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gjennomgå beskrivelse. • Lage total prosjekteringsplan og første faseplan. • Lage gruppeavtale (felles mål). • Rolle – og forventningsavklaring. • Etablere prosjektteamet. • Avklare usikkerhet. 	<p>Hindringsanalysen</p> <p><i>6 forutsetninger for en sunn prosjekteringsaktivitet</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Prosjekteringsgrunnlag. • Forventninger og krav. • Dialog. • Beslutninger. • Mannskap. • Metoder og verktøy.
<p>Plansystemet</p> <p><i>Fremdriftsplaner</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Hovedfremdriftsplan. • Prosjekteringsplan (leveranser og beslutninger for hele prosjektet). • Faseplan prosjektering. • Utkikksplan (9-15 uker). • Dialogmatrise (7-8 uker). 	<p>Arbeids - og møtestrukturen</p> <p><i>Planleggingsøker</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Utkikksplan og dialogmatrise. <p><i>Prosjekteringsøker</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeidsøkt (ICE). • Særmøter. • Prosjektering – produksjons – møter. • Brukermøter.

Tabell 6 viser hovedelementene i Veidekkes IPP veileder. Videre omhandler Involverende planlegging om (Knotten *et al.*, 2017b):

- At planer lages i fellesskap av dem som skal utføre arbeidet.
- At alle har kjennskap til og innflytelse på egne arbeidsoppgaver.
- Å se planer som gjensidig forpliktende løfter, ikke som ordre.
- Rullerende planlegging og økt detaljering av planen jo kortere tid det er til arbeidet skal utføres.
- Å fjerne hindringer og farer systematisk slik at kun sunne og sikre aktiviteter kommer til utførelse.
- Når planlagte aktiviteter ikke blir gjort, finn årsakene og ta tak i disse.

IPP veilederen inneholder også en forklaring på hva de ulike møtene i prosjekteringsprosessen bør inneholde og bygges opp, denne oppsummeringen kan sees i tabell 7.

Tabell 7: Oversikt over innhold i møtene ved bruk av IPP (Knotten et al., 2017b).

	Møtetype	Innhold
Strategisk	Oppstartssamling	Samling av prosjekteringsgruppen for å dele kunnskap, avtale arbeidsstruktur, planlegge fremdrift, planlegge og bli kjent. Forankring av prosjektet.
	Prosjekteringsmøte	Koordinerer prosjekteringen. Den viktigste oppgaven er utviklingsplanlegging og oppdatering av dialogmatrisen. Arbeidet foregår utenom møtet.
Prosjektering	Arbeidsøkt (ICE)	En arbeidsform hvor de rette deltakerne løser konkrete oppgaver.
	Særmøter	Små møter som skal løse avgrensede oppgaver med et begrenset antall deltakere.
	Produksjon Prosjektering (PP møte)	- Møter mellom fagrådgiver og bas/forman for - gjennomgang av tegninger, prinsipper, løsninger osv.
	Brukermøter	Møter med prosjekterende, byggherre og brukere.
	Byggherremøter	Møter med byggherren. Avklaringer rundt kontrakt.

3.3.2 Integrated Concurrent Engineering

Metodikken bak bruken av Integrated Concurrent Engineering (ICE) er basert på Lean Produksjon sin filosofi om å maksimere verdiskapningen for kunden og minimere sløsing. Dette gjøres ved at alle aktuelle aktører samles i et ICE – møte, her oppdateres alle på prosjektets status, og det utføres kontinuerlig fremdriftsplanlegging. Avklaringen utføres fortløpende ettersom at de aktuelle aktørene er samlokalisert, og det da er mulig med direkte kommunikasjon. Det settes felles mål for prosjektet og det utføres kontinuerlig kartlegging av teamets leveranser. Fordelen med denne møtemetodikken er at det er enklere å løse et problem når alle er fokusert på det samme problemet. Samtidig som at de rette deltakerne er mer og er forhåpentligvis godt forberedt, noe som fører til effektiv samhandling og tidsbruk (Knotten, 2018). Bruken av Last Planner™ eller IPP, sammen med ICE blir sett på som en stor fordel i planleggingen av prosjekteringsprosessen (Nøklebye et al., 2018).

3.3.3 Level of Development (LoD)

Svalestuen et al. (2018) påpeker at LoD bør bli brukt i planleggingen av prosjekteringsprosessen, ettersom at dette gjør det enklere å vite om de prosjekterende er i rute og det gjør det mulig å vite hvilken informasjon som er gyldig og som kan benyttes i produksjonen. LoD ble utviklet av akademikere og forskere for å styre kommunikasjon – og informasjonsflyten i BIM og få fokus over på prosessen. LoD blir sett på som et språk benyttet av de prosjekterende, for å uttrykke utviklingen av elementene i modellen og for å kontrollere kvaliteten på leveransene til de ulike aktørene. Retningslinjene for LoD

inneholder krav til detaljeringsgrad for hvert enkelt element i modellen og defineres av fem detaljerte nivåer for modenhet².

LoD nivåene slik de er definert av BIMForum (2018):

LoD 100: Elementet kan være grafisk fremstilt, representert i modellen av et symbol eller et generisk objekt, men tilfredsstillende ikke kravene for å oppnå LoD 200.

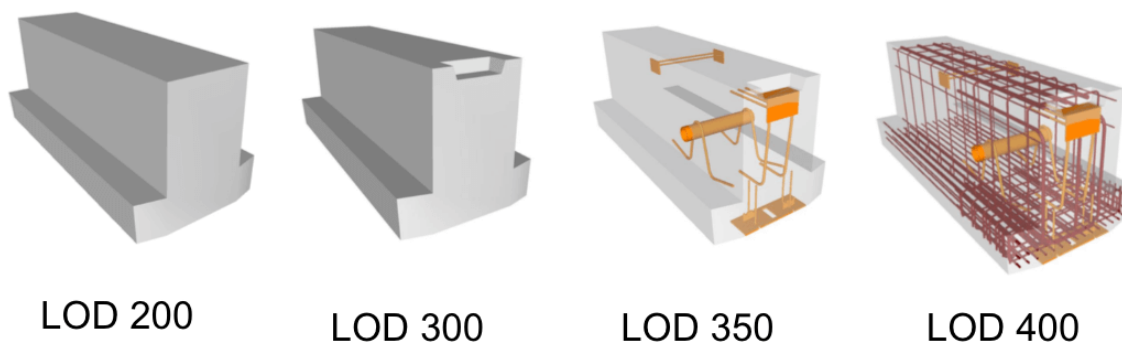
LoD 200: Elementet er grafisk representert i modellen som et generisk objekt med omtrentlige mengder, størrelser, lokasjon og orientering.

LoD 300: Elementet er grafisk representert i modellen som et spesifisert system eller objekt med informasjon som kvalitet, størrelse, form, lokasjon og orientering.

LoD 350: Elementet er grafisk representert i modellen som et spesifikt system eller objekt med informasjon om kvalitet, størrelse, form, lokasjon, orientering og kollisjoner med andre bygningselementer.

LoD 400: Elementet er grafisk representert i modellen som et spesifikt system eller objekt med informasjon om størrelse, form, lokasjon, mengde, og orientering med detaljering, fabrikant, monterings- og installasjons informasjon.

LoD 500: Elementet er verifisert som en representasjon av det faktiske objektet som skal bygges, med informasjon om størrelse, form, lokasjon, mengde, og orientering.



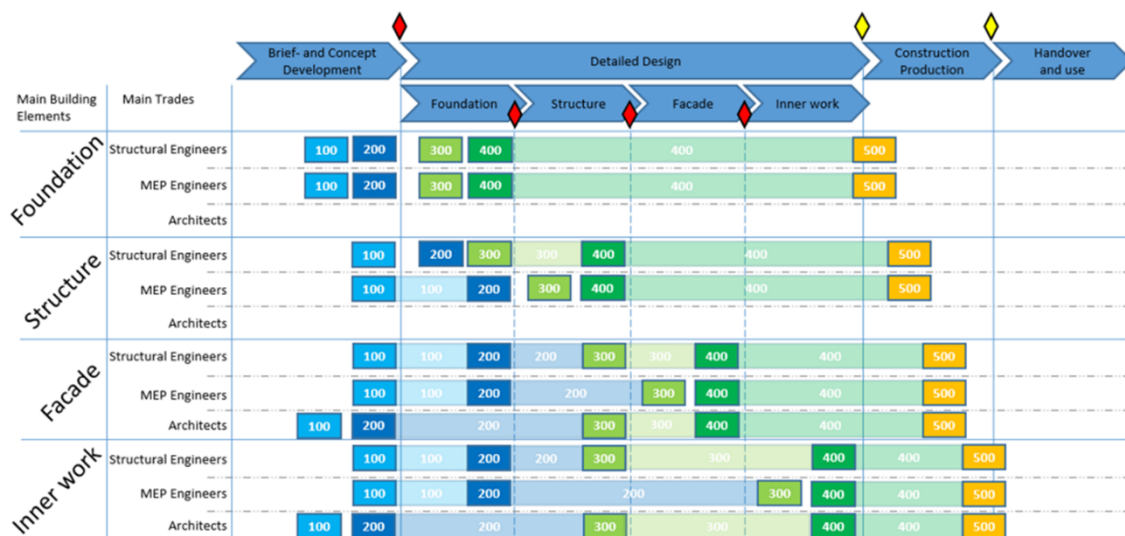
Figur 12: Eksempel på utvikling av objekt i BIM basert på LoD³.

3.3.4 Beslutningsplan

Både Svalestuen *et al.* (2018) og Hooper (2015) nevner viktigheten av å utarbeide en beslutningsplan basert på modellens modenhet, et eksempel på en slik plan er vist i Figur 13. En slik plan kan ifølge Svalestuen *et al.* (2018) hjelpe prosjekteringslederen å styre at iterasjoner blir gjort i riktig rekkefølge. LoD – nivå markerer det siste mulige øyeblikket for å ta avgjørelser, store iterasjoner bør kun utføres på elementer som er på et lavt LoD – nivå. Dette for å unngå at det må utføres store endringer sent i prosessen og for å skape en mer strukturert prosjekteringsprosess.

² BIMForum. (2018) Level of Development (LOD) Specification part 1 and commentary. Tilgjengelig fra: <https://bimforum.org/loD/> [Hentet 10.12.18]

³ Areo (2016) Level of Development – LoD – as a Lifecycle BIM tool Tilgjengelig fra: <https://blog.areo.io/level-of-development/> [Hentet: 29.03.19]



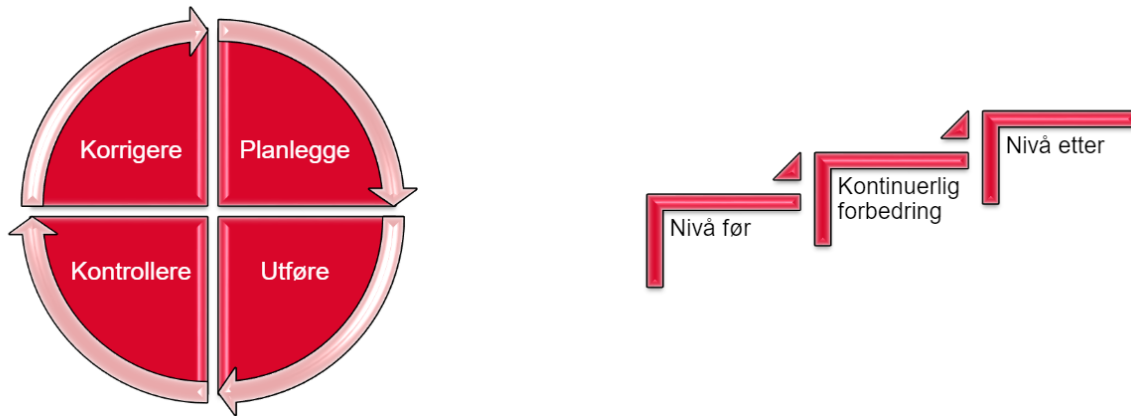
Figur 13: Beslutningsplan ved bruk av LoD (Svalestuen et al., 2018).

Beslutningsplanen som er vist i figur 13 er basert på hvordan oljebransjen utfører sin prosjekteringsplan ved bruk av modenhet. De ulike områdene markeres med fargekoder i forhold til hvilken modenhet de har. Et slikt fargekodesystem, mener Svalestuen et al. (2018) at det er mulig å eliminere at modellen feiltolkes av de prosjekterende og at fargene gjør det enklere å se hvordan modenheten de ulike elementene i modellen er.

3.3.5 Demings sirkel

Et av hovedfokusene til Lean tankegangen er kontinuerlig forbedring. Gjennom kontinuerlig forbedring kan variabiliteten bli redusert og bruken av teknologi kan bli trinnvis forbedret (Sacks, Radosavljevic og Barak, 2010b). Tankegangen bak kontinuerlig forbedring er kjent under navnet Demings sirkel, også kalt Plan – Do – Check – Act (PDCA). PDCA er et verktøy som benyttes for å organisere og implementere forslag til å løse problemer, ved å benytte en systematisk sløyfe av å tenke og utføre, se figur 14.

PDCA fungerer som en felles metode for å løse problemer og utføre små forbedringer (Flumerfelt og Kahlen, 2015). Denne tankegangen kan også benyttes under planleggingen av prosjekteringen. Byggingen av en kompleks bygning er en kontinuerlig prosess som krever at det ikke settes noen store begrensninger og at prosessen re – planlegges mens arbeidet skrider fremover (Knotten et al., 2015). Re-planleggingen bør utføres etter kontrollen, hvor fremdriftsplanen korrigeres mot faktiske utførte arbeidsoppgaver.



Figur 14: Kontinuerlig forbedring, Pukk – hjulet, Veidekke (Berntsen, 2015).

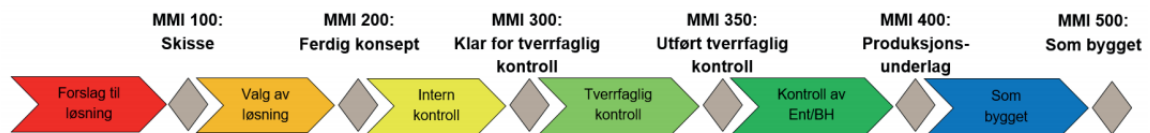
Det å benytte alle disse verktøyene i planleggingen av prosjekteringen er fordelaktig, da disse vil sikre at det gjennomføres en god prosess. Ved å benytte Last Planner systemet™ eller IPP og LoD vil gi gode planleggingsverktøy, sin sikrer at de nødvendige arbeidsoppgavene, avhengigheter og grensesnitt blir kartlagt tidlig. Basert på dette kan det utarbeides en beslutningsplan, som sier noe om når beslutninger må tas og når leveranser må være ferdig utviklet. ICE møter underveis og utnyttelsen av møtestrukturen i IPP vil gi en god problemløsning underveis i prosessen, og vil føre til økt verdiskapning og redusert sløsing. Bruken av PDCA vil gi gode muligheter for bedret kvalitet på endelig produkt. Da en kontrollert prosess med fokus på re-planlegging, løsning av problemer og utfordringer, vil føre til at prosjekteringsteamet er løsningsorientert istedenfor problemorientert. Alt i alt vil bruken av alle, eller noen av disse elementene føre til en bedre styring og planlegging av prosjekteringsprosessen.

3.4 MODENHETSSTYRING

Fløisbonn et al. (2018) har laget en metodikk som heter Modell Modenhets Indeks (MMI), og denne metodikken er tenkt å fungere som et fellesbegrep for modenhetsstyring i Norge. Utgangspunktet for utarbeidelsen av metodikken er tankegangen som om at det tradisjonelle LoD rammeverket hadde for stort fokus på de grafiske detaljene til objektene i modellen. Videre følger en introduksjon til MMI metodikken utarbeidet av Fløisbonn et al. (2018), i tillegg til en presentasjon av MMI bruken i Norge og teori angående hvordan MMI kan implementeres i et prosjekt.

3.4.1 Modell Modenhets Indeks (MMI)

MMI metodikken fungerer i utgangspunktet som et verktøy for bedre kommunikasjon i gjennomføringen av prosjekteringsprosessen. Tanken er at det å bruke MMI som et planleggingsverktøy, ved å bestemme når de ulike bygningsdelene skal nå et visst MMI – nivå, vil gjøre at prosjekteringsprosessen kan styres bedre i henhold til de verktøyene som er tilgjengelige gjennom BIM (Fløisbonn et al., 2018). På denne måten ser en for seg at det er mulig å komme bort fra den tradisjonelle prosjekteringen, og dermed kombinere prosjekteringen og BIM på en bedre måte. Prosessen bak bruken av MMI tar utgangspunkt i prosjekteringsaktivitetene anbefalt av Fløisbonn et al. (2018) og kan sees i figur 15, forklaring på nivåene følger etter figuren.



Figur 15: MMI prosessen (Fløisbonn et al., 2018).

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 dette 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: Objektene skal 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 klart for produksjon.

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

De seks MMI - nivåene beskriver modningsgraden av objektene i BIM – modellen. Fløisbonn et al. (2018) har laget et eksempel som viser hvordan de ulike nivåene kan defineres for de ulike fagene i et prosjekt. Eksempelet kan sees i figur 16. I følge Borrmann et al. (2014) vil ikke forhåndsdefinerte nivåer være fordelaktig i alle prosjekter, ettersom at alle prosjekter er unike og består av ulike aktører. MMI – nivåene bør derfor utformes på nytt for hvert prosjekt, tilpasset de aktørene som er med i prosjektet og de aktivitetene som skal utføres.

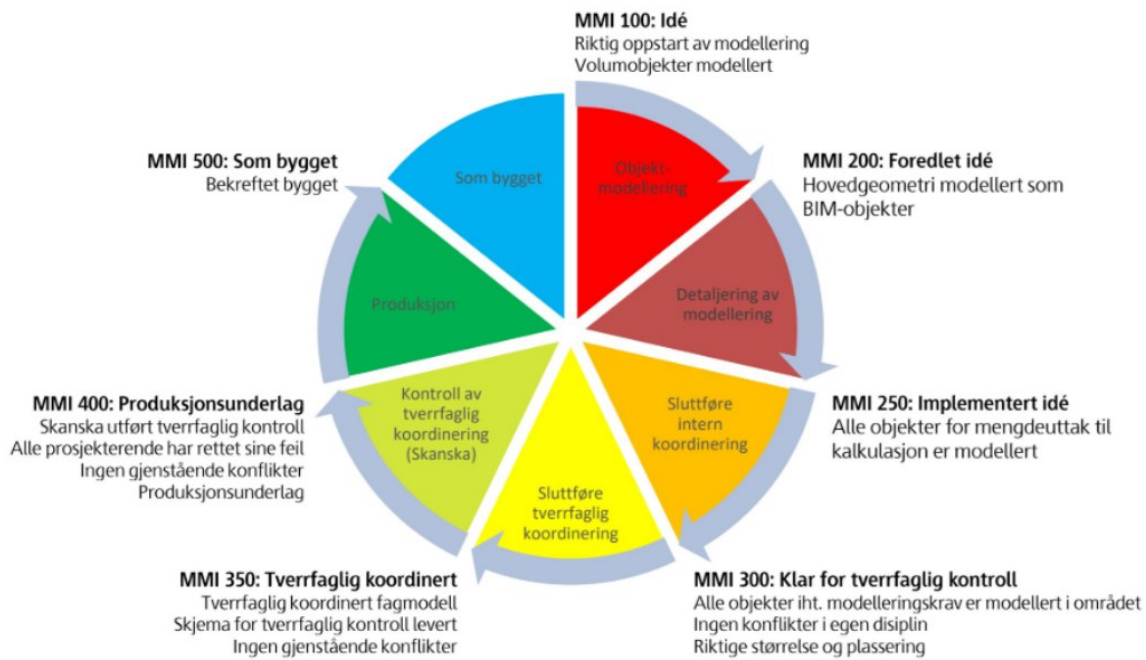
	100	200	300	350	400	500
	Skisse	Ferdig konsept	Klar for tverrfaglig kontroll	Utført tverrf. koordinering	Produksjonsunderlag	Som bygget
Eksempel:	<p>ARK: Volumobjekter for visualisering og analyse av konsept er modellert.</p> <p>RIV/RIE: Volumobjekter av føringsveier og store aggregater, modellert med formål å fremstille plassbehov er modellert.</p>	<p>ARK: Valgt konsept med yttervegger, innervegger, romfunksjoner er modellert</p> <p>RIB: Valgt konsept for hovedbæresystem er modellert</p> <p>RIV/RIE: Valgt konsept for føringsveier er modellert</p>	<p>ARK: Alle objekter relevant for tverrfaglig kontroll er modellert. Objektene inneholder riktige mengder for mengdeuttak.</p> <p>RIB: Bæresystemet er modellert med riktige dimensjoner og utforming. Objektene inneholder riktige mengder for mengdeuttak.</p> <p>RIV/RIE: Alle føringsveier og komponenter som er relevant for tverrfaglig kontroll er modellert og klassifisert. Objektene inneholder</p>	<p>Alle fagdisipliner: Alle objekter modellert, korrigert iht. tverrfaglig kontroll.</p>	<p>Alle fag: Produksjonsrettet informasjon lagt til modell. Dette kan være informasjon om sekvensering og løngetid, objekter, utnyttelsesstruktur etc.</p>	<p>Alle fag: FDV-informasjon lagt inn i objektet, enten som lenke til dokumentasjon eller som informasjon i objektet.</p>

Figur 16: Eksempel på hvordan MMI nivåer kan defineres (Fløisbonn et al., 2018).

3.4.2 Bruk av modenhetsstyring i Norge

Skanska - modellen

Skanska benytter seg av MMI, deres metodikk omtales av Fosse, Ballard og Fischer (2017) og Nøklebye (2018). Skanska benytter seg av lignende MMI nivåer som vist i vedlegg 3, utenom at de har lagt til et ekstra nivå, MMI 250. Det som skiller nivå 200 og 250 er at de aktuelle objektene i modellen inneholder informasjon om kostnader, slik at modellen kan benyttes til kalkulasjon. Skanska benytter Lean prinsippet «One – piece flow» i sin produksjon, derfor har de valgt å benytte seg av samme prinsipp i prosjekteringen. Deres MMI tilnærming er derfor et kontinuerlig utviklingssystem med ulike seksjoner av bygningen som prosjekteres, derfor illustreres prosessen ved bruk av et hjul som vist på figur 17.



Figur 17: Skanskas MMI - hjul (Nøklebye, 2018).

Både Fosse, Ballard og Fischer (2017) og Nøklebye (2018) omtaler prosjektet Tidemannsbyen og trekker fram viktige elementer fra dette prosjektet som er essensielle for bruken av MMI. Blant annet benyttes det Big – Room, her utføres planleggingen av prosjekteringsprosessen ved bruk av Last Planner™ og lappeteknikk. Det utvikles milepæler for når de ulike objektene eller områdene skal nå en viss modenhet i modellen. MMI milepælene legges inn i Last Planner™ prosjekteringsplanen, som vist på figur 18. Milepælene ble definert ved å trekke ut fagarbeidernes behov ute på byggeplassen, slik at de hadde et ferdig produksjonsunderlag til rett tid.

Ukenr.	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Milepæler											MMi 300		MMi 350		MMi 400	
Entreprenør																
Arkitekt																
RIB																
RIV																
RIE																
BIM																

Figur 18: Lappeplan Skanska (Fløisbonn et al., 2018)

Det benyttes daglige BIM rutiner som modelloppdateringer, kollisjonskontroller og mengdeuttak. Det ble utført jevnlige målinger ved bruk av Last Planner™ verktøy som PPC og rotårsaker, utviklingen av BIM – modellen, kollisjonstrender i de ulike områdene og evaluering av ICE møtene med tanke på effektivitet, involvering og forberedelser. Målingene ble hengt opp på veggen i Big – Room slik at alle kunne se hvordan gruppen presterte.

Oppdeling av modellen

Tidemannsbyen ble delt inn i seksjoner basert på byggetrinn, dermed var hver bygning og kjeller en egen seksjon. I dette prosjektet var de ulike byggene svært like og det ble besluttet at det var enklest å operere med store seksjoner. MMI ble administrert som en attributt i hver enkelt disiplin sin modell for hvert byggetrinn.

Kommunikasjon av MMI

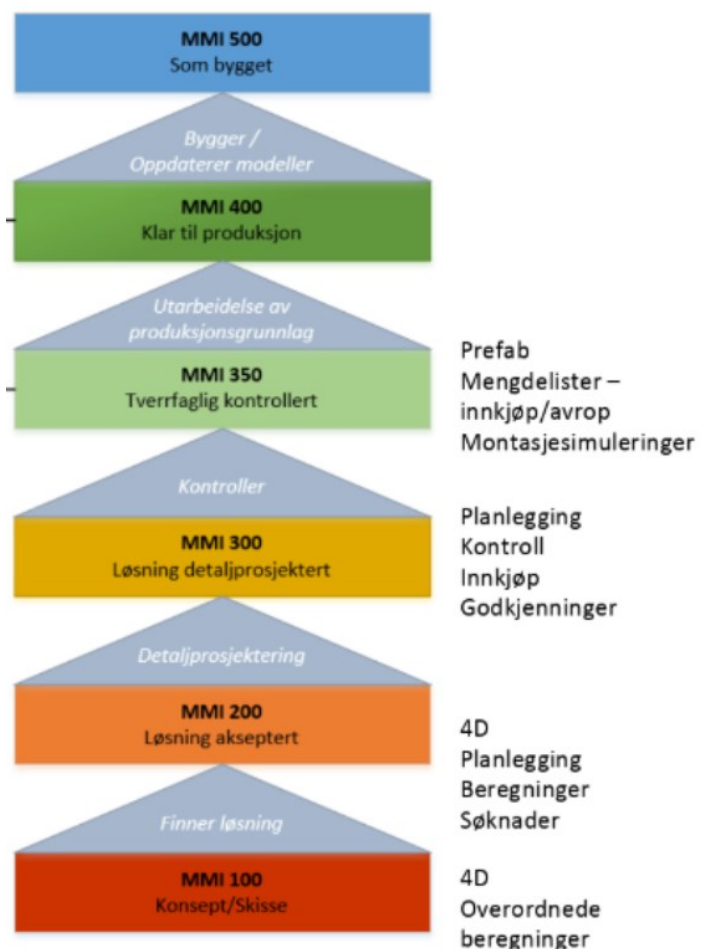
Skanska benytter ingen spesielle verktøy for å kommunisere MMI nivåene til de prosjekterende. Dette fordi MMI leveransene står klart definert i planene, i tillegg til at de prosjekterende får jevnlig oppdatering i de ukentlige ICE – møtene.

Ansvar for å kontrollere modenhet

Skanska benytter en BIM koordinator som validerer hver aktørs modell når den erklæres for ferdig detaljert for å oppnå et MMI - nivå.

Veidekke - modellen

Nøklebye (2018) omtaler også metodikken til Veidekke i sin masteroppgave. Denne modellen beskriver i større grad enn Skanska sitt MMI - hjul i figur 19, prosessen mellom hvert MMI - nivå. I tillegg beskriver også modellen hva BIM kan benyttes til ved de ulike MMI nivåene. Den store forskjellen kommer også til dels av at MMI - hjulet til Skanska er generelt for alle prosjekter i bedriften, mens Veidekkes modell er spesifisert for et prosjekt, E6 Arnkvern - Moelven (E6 AM).

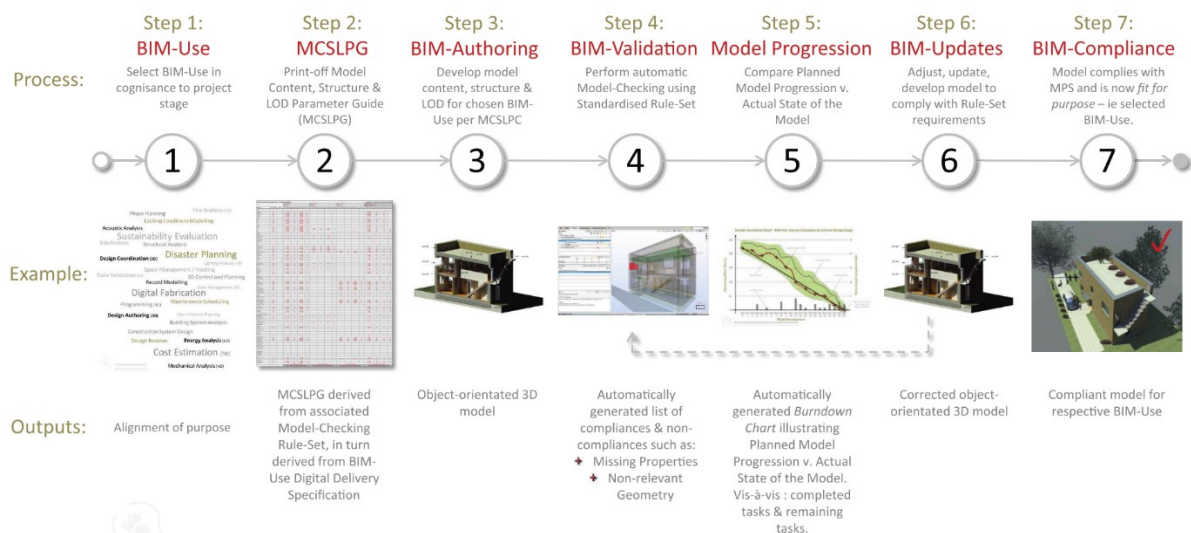


Figur 19: Veidekkes MMI - modell, utarbeidet på E6 Arnkvern - Moelven (Nøklebye, 2018).

3.4.3 Implementering av modenhetsstyring i byggeprosjekt

Akademikere og bransjeaktører har stilt seg skeptiske til LoD, mye fordi det er stor usikkerhet rundt begrepet (Abou-Ibrahim og Hamzeh, 2016). Det påpekes at enkelte opplever LoD som vanskelig, teoretisk og svært detaljorientert, noe som gjør terskelen for å ta i bruk metodikken stor (Nøklebye, 2018). I tillegg har det blitt påpekt at det er vanskelig å se verdiskapningen i prosjekteringsprosessen, når LoD fokuserer på utviklingen av objekter i modellen (Abou-Ibrahim og Hamzeh, 2017). Dette gjør at en del er skeptiske til nytten bruken av LoD kan bringe med seg (Hooper, 2015).

Hooper (2015) presenterer et rammeverk som består av 7 steg for hvordan LoD kan tas i bruk i et BIM – prosjekt, rammeverket kan sees i figur 20. Rammeverket er et forsøk på å gi LoD større nytteverdi, ved å standardisere bruken og deretter kunne utnytte eksisterende kunnskap på en bedre måte. Leveransene i prosjekteringen spesifiseres for prosjektet, og føres deretter over til standardiserte gjenbrukbare modellsjekkregler, som støtter opp under LoD definisjonene. Modellsjekkreglene gjør at det blir utført automatisk kontroll av modellens faktiske utvikling versus planlagt utvikling av modellen. Bruken av rammeverket vil enten redusere eller fjerne de arbeidskrevende aktivitetene som oppstår i prosessen med å utvikle BIM, fordi det hjelper de prosjekterende med å skape en god flyt i prosjekteringen og unngå kritiske elementer. Hooper (2015) antar videre at rammeverket og modellsjekkreglene vil støtte en systematisk utvikling av prosjekteringsgrunnlaget i BIM – prosjekter og skape bedre muligheter for å utnytte de digitale ressursene som er tilgjengelige ved bruk av BIM. Rammeverket fungerer også som en varslingsmekanisme for å hjelpe de prosjekterende med å utvikle de rette objektene og elementene, slik at unødvendig prosjektering kan unngås.



Figur 20: Implementering av LoD i BIM – prosjekter (Hooper, 2015).

Svalestuen et al. (2018) fokuserer på oppstartet av et prosjekt, han foreslår at byggebransjen tar i bruk IPP og tilpasser LoD definisjonene til hvert prosjekt. Prosjekteringsgruppen burde diskutere og forenes om de ulike LoD nivåene, og deretter utvikle en plan som viser utviklingen av BIM. Etter dette kan de gjennomføre et «oppstartssamling», dette er en samling av prosjekteringsgruppen for å dele kunnskap, avtale arbeidsstruktur, planlegge fremdrift og bli kjent. I tillegg må prosjektet forankres i gruppa (Knotten og Svalestuen, 2016).

MMI metodikken fokuserer på prosjekteringsprosessen, i mye større grad enn LoD og det er derfor mye lettere å se nytten av MMI. Dermed er MMI et verktøy som er mulig å ta i bruk i norske byggeprosjekter, hvor flere aktører har liten BIM kompetanse eller ikke noen kompetanse i det hele tatt. Ved å benytte MMI til å planlegge prosjekteringsprosessen, vil det være lettere å kommunisere og planlegge prosessen. Bruken av MMI er enda ikke veldig utbredt enda i Norge, hvor det kun er Skanska som har en strategi på hvordan MMI skal benyttes i prosjekter. Her er det derfor en lang vei å gå for å få MMI inn som en bransjestandard i alle prosjekter. Derfor er det interessant å vurdere hvordan MMI kan implementeres i byggeprosjekter. Hooper (2015) sitt rammeverk er en interessant praktisk tilnærming til implementering, sammen med bruken av IPP i oppstarten av prosjektet slik som Svalestuen et al. (2018) foreslår.

4 RESULTAT

Dette kapittelet omhandler de relevante funnene for å besvare forskningsspørsmålene som er innhentet via intervjuer, dokumentstudium og deltakende observasjon. Kapittel 4.1 omhandler hvilke tilnærminger til bruken av MMI som har blitt benyttet i bransjen og besvarer forskningsspørsmål 1, 4.2 presenterer funnene rundt erfaringene med bruken av MMI i bransjen og besvarer forskningsspørsmål 2 og i 4.3 presenteres de tankene intervjuobjektene har rundt hvordan MMI kan implementeres i et byggeprosjekt, og er relevant for å besvare forskningsspørsmål 3.

4.1 TILNÆRMINGER TIL BRUK AV MMI

4.1.1 MMI – definisjoner

Hvor mange MMI nivåer som benyttes i de ulike prosjektene varierer. Skanska benytter MMI 250, i tillegg til de generelle MMI nivåene. MMI 250 betyr at modellen skal være klar for kalkulasjon. På prosjektet E6 AM, valgte konstruktørene å dele opp MMI nivåene i større grad. De la inn en inndeling på MMI 300, 320, 340 og 350, i tillegg til de resterende generelle MMI nivåene. Konstruktørene mente at det var nødvendig å dele opp i flere MMI nivåer, fordi det var så mange arbeidsoppgaver som skulle utføres utenfor modellen.

Det kommer frem i intervjuer at fokuset til en entreprenørbedrift, typisk i en totalentreprise, vil være at prosjekteringsgruppen skal prosjektere et produksjonsunderlag, fordi de produserende trenger dette for å produsere bygget. Produksjonsunderlaget skal produserer i den hensikt at de produserende skal benytte det til å ta ut mengder, gjøre innkjøp, kalkulere eller de skal produsere noe på byggeplassen. Når MMI benyttes i en totalentreprise er fokuset at MMI skal være verdifullt for utførelsen av prosjektet. Figur 21 viser et eksempel på hvordan MMI har blitt definert på E6 AM.

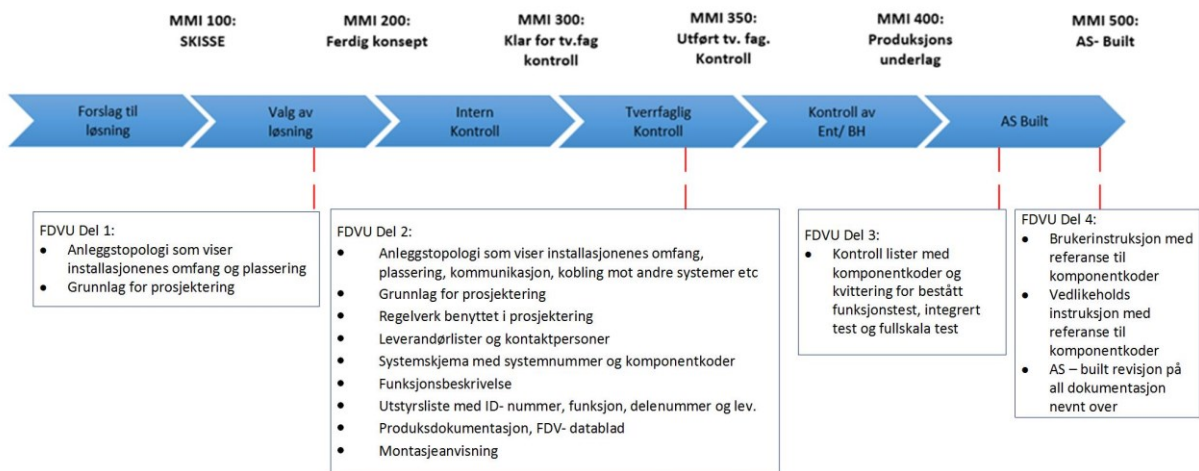
MMI	Veg	VA	LARK	Disiplin	Konstruksjon	Geo	Elektro
100	Eksisterende vei (min 1,2m) Støy voller/oppranking av masse som skal i vollen Skråninger Riving/Hogst Måjordavtag Anleggsveier Midlertidig omkjøring Sprenning Start innkjøp	Forberede stikkrenner Utgraving til	Konsept/Skisse		Konsept/Skisse Det foreligger forslag til konsept Start innkjøp	Forgraving, prøvegraving og utrauing Sprenning	Konsept/Skisse Forslag til konsept
	Akt 8	Akt 8	Akt 3: prosjektering 50% «godt nok for graving»		Akt 5: Utarbeidelse og godkjenning av konsept	Akt 6-3	Justere utstyr og grøfter etter normalprofiler og geometri.
200	Konsept akseptert Grunnlag for konstruksjoner og andre fag, men må påregnes at endringer kan komme. Skilt- og oppmerksingsplaner i gang	Forberede grøfter			Konsept akseptert Veidekke-Sweco har besluttet hvilken bruetype som skal bygges Konseptgodkjenning fra vegdirektoratet foreligger	Konsept akseptert Bearbeidet skisseforslag. Omfatter i hovedsak utarbeidet løsning som er prosjektert men ikke detaljert. Løsningen er ikke endelig avklart med andre fag	Jording Trekkerer Fundament
	Akt 7	Akt 8	Akt 2: Prosjektering 50-100 %		Akt 4: Detaljprosjektering ICE-sesjonen	Akt 2	Tre
300	Løsning detaljprosjektert Ferdig for tverrfaglig kontroll, 90% avansert skilt og oppmerksingsplan	Løsning detaljprosjektert Korrigert og justert etter endelig avklaring med andre fag. Mindre endringer kan bli nødvendig i forbindelse med tverrfaglig kontroll.	Løsning detaljprosjektert Tilsvarende byggeplan, ikke tverrfaglig kontrollert. 90% detaljeringsgrad. Komplette BIM-innhold.		Løsning detaljprosjektert Ferdig prosjektert og internt kontrollert, klar for innsending til teknisk godkjenning	Løsning detaljprosjektert	Løsning detaljprosjektert
	Ikke gjeldende					Ikke gjeldende	
320	Ikke gjeldende				Vedlekk sjekker byggbarheten	Ikke gjeldende	
	Akt 5	Akt 8	Akt 2: Prosjektering 50-100 %		Akt 3: Tverrfaglig kontroll	Akt 1	Tverrfaglig kontroll
350	Tverrfaglig kontroll Justert etter tverrfaglig kontroll, skilt og oppmerksingsplan ferdig til godkjenning, veg ferdig etter våre beste kompetanse, mangler godkjenninger og innspill fra 3. part (myndighetene, TS-revisjon, fravik, o.l.), godkjenninger er integrert del av prosjekteringsprosess	Tverrfaglig kontroll Korrigert og justert etter tverrfaglig kontroll	Tverrfaglig kontroll Tilsvarende byggeplan, ferdig tverrfaglig kontrollert 95% detaljeringsgrad. Komplette egenskapsdata.		Tverrfaglig kontroll Tverrfaglig kontroll utført	Tverrfaglig kontroll Korrigert og justert etter tverrfaglig kontroll	Tverrfaglig kontroll Tverrfaglig godkjent MMI
	Akt 4	Akt 8	Akt 1: Dialog med produsent, finpuss		Akt 2: Teknisk godkjenning	Akt 1	Utarbeidelse av produksjonsgrunnlag med

Figur 21: Illustrasjon av MMI - definisjoner for alle fag i ulike seksjoner på E6 AM.

Intervjuobjekt forteller at denne figuren ble utarbeidet av alle fagene på prosjektet. Hvert fag beskrev hva de så for seg at de skulle utføre av prosjekteringsaktiviteter på de ulike

nivåene. Denne oppgaven beskrives som hovedjobben for å ta i bruk MMI av intervjuobjektet. Prosessen for å komme fram til figuren besto av to deler. Først ble det holdt en samling for alle de ulike aktørene som skulle være med i prosjekteringen. Her ble de generelle MMI – nivåene til Veidekke i figur 19 gjennomgått, og deretter ble betydningen av dem forklart. Videre gikk alle aktørene hver til sitt, og samlet alle som skulle delta på prosjektet og sammen beskrev de hvilke arbeidsoppgaver de skulle utføre på de ulike nivåene. Neste steg var å samle alle aktørene igjen i en felles samling og definere hva de ulike aktørene trengte fra hverandre for å utføre sine planlagte arbeidsoppgaver på hvert MMI nivå. Denne øvelsen førte til enkelte revisjoner i planen hver aktør hadde satt opp, sluttresultatet var en samlet beskrivelse av arbeidsoppgavene til alle fag i hver sone for hvert MMI – nivå, slik som det er presentert i figur 21.

En byggherrerepresentant valgte å benytte MMI på en annerledes måte enn entreprenøren. Dette intervjuobjektet utførte en oppstartssamling hvor alle de prosjekterende var samlet. Først ble MMI prosessen til Fløisbonn *et al.* (2018) presentert, og betydningen av det å bruke MMI presentert. Byggherrerepresentanten hadde valgt å slå sammen figur 15, MMI prosessen, sammen med det kravet han stilte til de prosjekterende vedrørende dokumentasjon av forvaltning, drift og vedlikehold (FDVU). Denne sammenstilte prosessen kan sees i figur 22. Etter å ha presentert denne tankegangen, var alle de prosjekterende med på å definere MMI nivåene. Byggherrerepresentanten hadde valgt å dele opp hvert MMI nivåene i oppgaver og dokumentasjon. Alle aktørene definerte selv hvilke arbeidsoppgaver og dokumentasjon de skulle ha klar på hvert nivå for å oppnå et nytt MMI – nivå, disse står fremstilt i tabell 6.



Figur 22: Sammenknytting av MMI og FDVU dokumentasjon.

Tabell 8: MMI definisjoner fordelt på oppgaver og dokumentasjon.

MMI	100 Skisse	200 Ferdig konsept	300 Klar for tv.fag kontroll	350 Utført tv.fag kontroll	400 Produksjonsunderlag	500 Som bygget
Oppgaver	Tilbudet/ Overordnet løsninger på system	Avklart løsninger/reguleringsprinsipp Material – og kvalitetsvalg er definert Grensesnittsomfang er definert Plassering av hovedkomponenter Behov (Varmebehov/lysnivå/antall datapunkt/luftmengder) og belastninger er låst Elektro – plassering av stikk/brytere/temp.følere	Effektbehov/ komponentoversikt Føringsveger klar til kollisjonskontroll del 1 Konstruksjon er låst Løsninger avsjekket mot brannprosjektering	I/O – lister Alle grensesnitt/avhengighet er er definert Alle kollisjoner skal være løst	Elektro – internkontroll rev. 2 Gjennomgang med BASer tverrfaglig	
Dokumentasjon	Kontrakt med vedlegg	Plantegning FDVU Del 1 Brannkonsept Energirammeberegning Teststrategi Fundamentplan (forslag til løsning)	Internkontroll av prosjektering Utsparringsplaner (hullboringsplan) Brannprosjektering RIB tegninger med ferdig internkontroll Trekkberegninger for ventilasjon Himlingsplan Kapasitetsberegninger sanitær og varme	Teknisk himlingsplan FDVU del 2	Arbeidstegninger	FDVU Del 3 FDVU Del 4 Kontroll lister på utførelse Kontroll lister iht. teststrategi

4.1.2 Organisering av prosjektet

Fremgangsmåten til Skanska i starten av hvert prosjekt er å dele prosjektet opp i flere håndterlige biter i forhold til produksjon. Først deles prosjektet opp i soner og deretter i ulike arbeidspakker. Arbeidspakkene deles videre opp i arbeidsoppgaver, en pakke kan blant annet være en grunn – og fundamentpakke som inneholder grunnarbeider, betongfundamenter og bunnledninger. Videre benyttes disse pakkene for å planlegge leveransene til de ulike aktørene. Intervjuobjekter påpeker også at disse pakkene bør benyttes i hele prosjektet, da det er en stor fordel at prosjektering og produksjon organiseres på samme måte.

På Veidekkes anleggsprosjekt, E6 Arnkvern – Moelven (E6 AM), ble 24 km veg delt opp i 19 soner med ulike funksjoner. Sonene ble delt opp basert på hvilke elementer som ikke kunne bygges samtidig og hvor det var mye arbeid som skulle utføres, på denne måten fant prosjektet ut hvor de største utfordringene lå. Dette gjorde det mulig for ledelsen av prosjektet å dele opp prosjektet i mindre og overkommelige arbeidspakker.

Byggherrerepresentanten valgte å dele opp prosjektet ved bruk av bygningsdelstabellen, basert på NS 3451. Denne oppdelingen ble tatt i bruk på hele prosjektet, både i prosjektering, produksjon og i FDVU materialet. Figur 26 som står i kapittel 4.1.4 om kontroller, illustrerer hvordan inndelingen ved bruk av bygningsdelstabellen er utført.

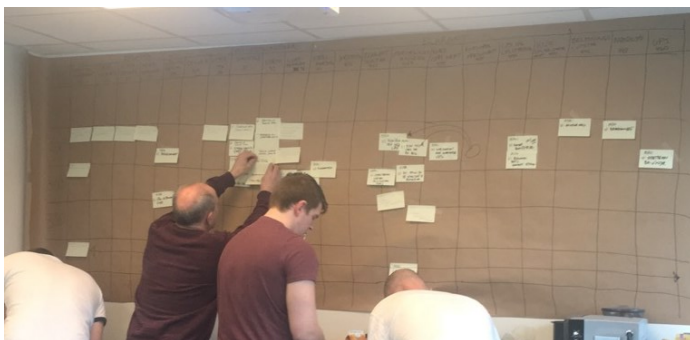
4.1.3 Planlegging av prosjekteringsprosessen ved bruk av MMI

For planlegging av prosjekteringsprosessen benytter Skanska enten lappeplan eller excel når de planlegger leveranser ved bruk av MMI. Lappeplanen deles inn i uker på x-aksen og

aktører/arbeidspakker på y-aksen, slik som det er illustrert i figur 18. Det påpekes av et intervjuobjekt at det i store prosjekt ikke er mulig å kun benytte seg av lappeplan, da det blir veldig mange lapper. Derfor anbefales det i Skanska at ikke alle verdier legges inn i lappeplanen, kun de viktigste elementene fremstilles visuelt i lappeplanen. Også lages det et eget excel dokument med hele fremdriften og alle leveransene.

På E6 AM benytter de MMI - definisjonene til å vurdere forskjellen mellom nivåene til de ulike fagene. Dette gjør at produksjonen kan benytte seg av leveranseplanen til prosjekteringen, og vurdere hva de kan benytte modellen til på ulike tidspunkter. Dermed kan produksjon planlegge sine produksjonsaktiviteter basert på når prosjekteringen har oppnådd høyt nok MMI nivå til at innkjøp kan utføres og plantegninger er klare til produksjon. Denne metoden benyttes også til å utføre risikovurderinger. Produksjon benytter MMI - definisjonene til å vurdere sannsynligheten for at det oppstår endringer, dermed kan MMI benyttes til å håndtere risiko. Dette gjør det mulig for produksjonen å starte på et tidligere tidspunkt enn planlagt, det må bare utføres en risikovurdering dersom prosjekteringsgrunlaget ikke har status på mer enn MMI 350.

Byggherrerepresentanten delte lappeplanen inn i de ulike bygningsdelene etter bygningsdelstabellen i NS 3451 på x-aksen, og y-aksen ble delt opp i de ulike MMI nivåene. Lappeplanen ble i dette tilfellet benyttet til å kartlegge behov og avhengigheter, og denne informasjonen ble videre benyttet av prosjekteringsleder til å sette opp en fremdriftsplan. Lappeplanen ble hengt opp på veggen i møtelokalet, og benyttet til å visualisere behov og kartlegge behov og avhengigheter som kom opp senere i prosjektet.



Figur 23: Utførelse av lappeteknikk, fra deltakende observasjon.

4.1.4 Kontroll av leveranser, fremdrift og modenhet

I Skanska benytter de seg av kontrollskjema for godkjenning av oppnådd MMI nivå. Ved f.eks MMI 350 leveres det et kontrollskjema fra de prosjekterende til entreprenør, som prosjekteringsleder eller BIM - koordinator signerer på. Skjemaet skal vise at det er utført en tverrfaglig kontroll mot de aktuelle aktørene og at eventuelle kollisjoner har blitt løst. Ved MMI 400 er det entreprenøren sitt ansvar å fullføre produksjonsunderlaget, dette gjøres ved at entreprenøren utfører en kollisjonskontroll mellom alle fag, sjekker ut eventuelle kollisjoner og fikser opp i disse, deretter stemples produksjonsmaterialet som klart for produksjon.

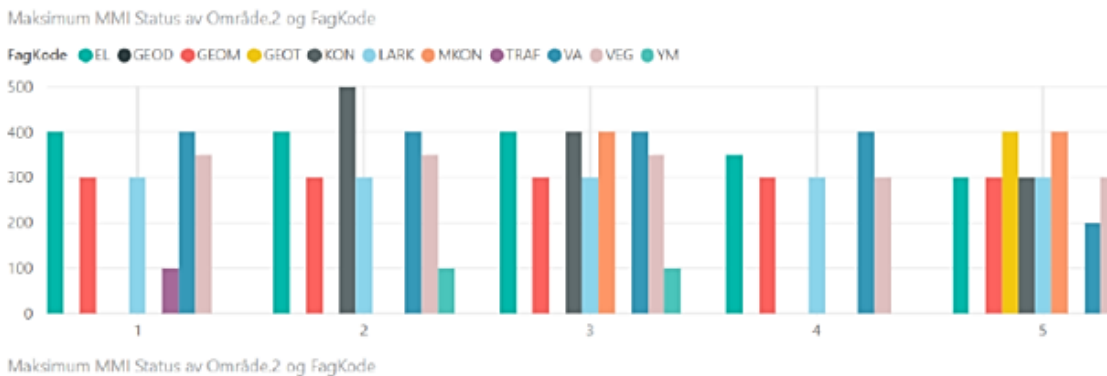
Fremdriften kontrolleres i Skanska opp mot de planlagte datoene for leveranser i fremdriftsplanen og lappeplan. Det utføres en plansjekk når prosjektet kommer til den fastsatte datoen for oppnåelsen av et MMI - nivå, da må de prosjekterende svare på om de har utført etter planen eller ikke. På denne måten kontrolleres det om de prosjekterende har utført avtalt arbeid eller ikke.

På E6 benytter de seg av et leveransesystem hvor de prosjekterende leverer alle filene inn til et webhotell. Under innleveringen av filer fyller aktørene ut hva som leveres, MMI -nivå på filen og en beskrivelse av siste endringer. Når filene leveres med denne informasjonen, og alt leveres digitalt på samme nettside, logges alle transaksjoner i prosjekteringen. Alle leveranser har en ID og data, ut fra dette kan det lages tabeller som viser alle seksjonene og fagene som illustrert i figur 24.

FagKode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
EL	400	400	400	350	300	300	350	300	300	100	100	300	100	100	100	100	100	100	
GEOD							300												
GEOM	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
GEOT					400			400	400			400							
KON		500	400		300		400	400	350	350	200	400	100	100			200	300	
LARK	300	300	300	300	300	300	300	300	100	100		100					100	100	
MKON			400		400			400	400										
TRAF	100																		
VA	400	400	400	400	200	400	400	350	350	200	500	300	300	100	300	300	500	200	
VEG	350	350	350	300	300	300	300	300	200	200	200	300	200	200	200	200	200	200	100
YM		100	100																

Figur 24: Leveranser for hvert fag i de ulike seksjonene på E6 AM.

Tabellene i figur 24 og 25 er utarbeidet ved bruk av programmet Power BI. Programmet benyttes til å analysere dataene som leveres med filene, for å kontrollere fremdrift og gir også god oversikt over hvilket MMI - nivå de ulike aktørene er på i de ulike seksjonene. Analysen utføres ved å ta tak i dataene som er registrert i webhotellet, trekke ut den aktuelle informasjonen og presentere dette i diagrammer eller grafer. Bruken av webhotell og Power BI gir full oversikt over MMI leveranser for alle fag, i alle områder, i hele prosjektets livsløp. Et eksempel på en analyse som utført på E6 er vist i figur 25.



Figur 25: Analyse av levert data ved bruk av Power BI.

Byggherrerepresentanten benyttet seg av excel for å kontrollere fremdriften i prosjektet. Der logget han alle aktivitetene som skulle utføres på hvert MMI nivå. Når en aktivitet var fullført ble den registrert som ferdigstilt. Når aktivitetene ble markert som ferdigstilt, ble MMI statusen oppdatert i et annet excel ark. Dette statusarket som ble benyttet er vist i figur 26.

AKTØR	SYSTEM	100	200	300	350	400	500
BYGGENT.	- IV 1	100	100	100	100	100	100
	- IV 2	100	100	100	100	100	100
	- IV 3	100	100	100	100	100	100
	- IV4	100	100	100	100	100	100
	244 Lås og beslag	100	100	100	80	0	
BYGGENT.	25 Dekker	100	100	60	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	- Gulv 01	100	100	60			
	- Gulv 02	100	100	60			
	- Gulv 03	100	100	60			
	- Gulv 04	100	100	60			
	- Himling 01	100	100	60			
	- Himling 02	100	100	60			
	- Himling 03	100	100	60			
	26 Yttertak	100	100	100	100	100	
VVS	31 Sanitær	100	100	100	100	50	
	32 Varme	100	100	100	100	50	
	36 Luftbehandling	100	100	100	100	50	
	411 Kabelføring	100	100	100	40		
	412 Jording	100	100	100	100	80	
	431 elkraft inntak	100	100	100	100	70	
	433 Fordelingsanlegg	100	100	100	60		

Figur 26: MMI – status på prosjekteringen.

4.1.5 MMI i BIM

Det har blitt gjort enkelte forsøk på å ta i bruk MMI på objektnivå. Veidekke har blant annet benyttet en forenklet versjon av MMI for å illustrere modenheten til armeringsjernene i RIB modellen. MMI benyttes i dette tilfellet til å skille hvilke armeringsjern som er klare for bestilling og hvilke som ikke er klare. MMI definisjonen er satt til MMI 100 «ikke bestill» og MMI 500 «bestill». MMI nivået synliggjøres i modellen ved at det legges inn i hvert objektets informasjon i Solibri. I tillegg benyttes det en fargekode for hvert nivå, hvor MMI 100 representeres ved bruk av rød farge og MMI 500 representeres ved grønn farge.

Det legges inn regler i Solibri, som sorterer de ulike objektene basert på MMI nivået til objektet. Det utføres en automatisk kontroll i solibri basert på disse reglene, som gir en oversikt over hvilke jern som er klare for bestilling, hvilke som kun er en skisse og hvilke som mangler MMI nivå. BIM – koordinator kontrollerer statusen på objektene hver gang IFC modellen oppdateres.

På E6 AM valgte de en annen forenkling på bruken av MMI i BIM. Der valgte de å gi hele systemet samme MMI nivå. Dette var mulig ettersom at de valgte å lage en fil for hvert fag i hver sone. Det å gi en hel fil samme MMI nivå førte til en risiko for at det kunne oppstå endringer, denne risikoen ble eliminert ved at de markerte usikkerhetene med et symbol eller farge inne i modellen. I tillegg ble det skrevet en kommentar ved innlevering av filen om at systemet var satt til et MMI nivå, men at et spesifikt element var sett ned til et lavere nivå fram til en beslutning om endring var tatt.

4.2 ERFARINGER MED BRUK AV MMI

Resultatene i dette kapittelet baserer seg på erfaringer intervjuobjekter har fått under bruken av MMI i byggeprosjekter.

4.2.1 MMI – definisjoner

Intervjuobjekter har erfart at MMI rammeverket, slik det er i dag, har størst verdiskapning fra MMI 200 til 400. Det påpekes at rammeverket er laget med fokus på et behov i

detaljprosjektering, og derfor mangler fokus og detaljer for tidlig fase i prosjekteringen. Det kommer tydelig frem i intervjuet med prosjekteringslederen som er ansatt av byggherre, at det er nødvendig å utvikle MMI videre for at det skal fungere som et hjelpemiddel i de tidlige prosjekteringsfasene. Prosjekteringsledere fra entreprenørbedrifter påpeker at de ser mest potensiale for MMI fra nivå 200, men konkluderer med at det er en svært viktig milepæl for prosjekteringen å gå fra MMI 100 til 200. Dette fordi det markerer at det har blitt gjort en beslutning og tatt noen valg.

Det å fokusere på hvilke arbeidsoppgaver som skal utføres mellom de ulike MMI nivåene trekkes fram som viktig i flere intervjuer. Det å kartlegge hvilke arbeidsoppgaver som må utføres og hvorfor de skal utføres i det spesifikke MMI nivået, blir sett på som en av de viktigste elementene ved bruken av MMI. Dette er i utgangspunktet grunnen for hvorfor MMI fungerer som et godt kommunikasjonsverktøy i prosjekteringsprosessen påpeker et intervjuobjekt. Fordi det gjør det mulig å strukturere og forankre arbeidsoppgaver i noe spesifikt, og et annet intervjuobjekt mener at det er dette som har manglet i prosjekteringsprosessen.

4.2.2 Organisering av prosjekter

Et intervjuobjekt trekker fram en positiv erfaring med det å dele opp prosjektet i mindre soner. Da oppdelingen av prosjektet gjør det mulig å stykke opp arbeidet til håndterlige biter og dermed er det lettere å holde fokus på det området som det arbeides med. Dette gjør at den sonen som skal utvikles, kommer seg opp på et så høyt MMI nivå som nødvendig, før fokuset flyttes til en ny sone.

Det trekkes også frem at leveransene fra rådgiverne må deles opp. Et intervjuobjekt mener at dette er det viktigste punktet som støtter oppunder bruken av MMI. Da utarbeides det soner og arbeidspakker som kan benyttes til blant annet å planlegge kostnad, tidsbruk, prosjekteringsleveranser, i tillegg kan produksjonen planlegges etter de samme pakkene. Dette gjør prosjektets helhet håndterbar og det kan utarbeides aktiviteter og møter i forhold til de ulike sonene.

Et annet aspekt som trekkes fram som et argument for å dele opp prosjektet, er at modellfilen i et stort prosjekt blir så stor og tung, at den ikke er mulig å håndtere. Ved å dele opp et bygg eller en vei i mindre soner etter behov, vil gi de prosjekterende en modell som er mulig å håndtere med dagens verktøy.

4.2.3 Planlegging av prosjekteringsprosessen ved bruk av MMI

De intervjuobjektene som har erfaring med bruken av MMI har stort sett opplevd at bruken av MMI blir godt tatt imot av rådgivere og arkitekter. Prosjekteringsledere har opplevd at MMI gjør det enklere å ha kontroll på prosjektet, og i enkelte prosjekter har MMI blitt opplevd som en suksessfaktor. Dette fordi MMI gjør det lettere å planlegge prosjekteringen og i tillegg gir bruken av MMI et språk å kommunisere forventninger med. Dermed blir det lettere å legge opp prosjekteringsaktivitetene i riktig rekkefølge og dermed er det også lettere å få leveranseplanen til å gå opp. MMI er i utgangspunktet utviklet for å benyttes i BIM prosjekter, da rammeverket fokuserer på utvikling av BIM objekter. Intervjuobjekter trekker derimot fram at også aktører med lite forhold til BIM og som kanskje ikke modellerer selv, mener at MMI er noe de forstår og ønsker å benytte i planleggingen av prosjekteringen.

Det kommer fram et eksempel i et intervju om hvordan MMI fungerer som et godt verktøy for å kontrollere når beslutninger tas av kunde og bruker. Det påpekes at dersom kunder og bruker ikke har en tydelig frist å forholde seg til, kan de i enkelte tilfeller diskutere

mulige løsninger i «evigheter». Ved å planlegge når de ulike aktører skal oppnå et MMI nivå, og kartlegge hvilke aktiviteter som skal utføres på hvert nivå. Er det mulig å planlegge når kunde og bruker må ta ulike beslutninger, da disse beslutningene er viktige for at aktørene skal kunne oppnå neste MMI nivå. Dermed blir beslutninger som før kan ha ført til forsinkelser, nå tatt på et rett tidspunkt.

Et annet aspekt av planleggingen ved bruk av MMI, som har blitt testet ut på E6, er risikohåndtering. På prosjektet sier intervjuobjektet at de har merket en god effekt av MMI ved at de har klart å utføre aktiviteter tidligere. Dette har de fått til fordi de har hatt en god måte å vurdere risikoen i prosjekteringsmaterialet på. Arbeidet med å definere MMI nivåene og beskrivelsen av arbeidsprosessen, har ført til raskere produksjon. Det poengteres i intervju at det er lettere å se hvilke produksjonsaktiviteter som kan utføres på ulike MMI nivåer, ettersom at produksjon vet hvor sannsynlig det er at det oppstår store endringer i produksjonsunderlaget. Intervjuobjektet fra E6 AM konkluderer med at det er nødvendig å opprette standardiserte rutiner for å utføre slik risikovurderingen. Det er nødvendig med en standardisert rutine som sier hvordan denne risikohåndteringen skal benyttes, hvordan en eventuell risiko skal håndteres og hvordan denne prosessen skal dokumenteres.

4.2.4 Kontroll av leveranser, fremdrift og modenhet

Basert på at MMI er utviklet i hovedsak for detaljprosjektering, trekkes det frem i intervjuer at det mangler enkelte kontroller av MMI. Slik som rammeverket er i dag er det ikke laget en strukturert kontroll av prosjekteringen på MMI 100, 200 eller 500. Det poengteres også at disse nivåene ikke er like enkle å kontrollere som mellom MMI 200 til 400, grunnet større usikkerhet i de tidlige fasene.

Fremdrift blir ofte diskutert i møter, hvor de prosjekterende ikke deltar selv, kun deres overordnede. Dette har intervjuobjekter erfart at kan være en feilkilde, ved at fremdrift rapporteres feil. Representantene i slike møter har ikke nødvendigvis god nok kjennskap til BIM eller status på modelleringen for sitt fag. Dermed kan det oppstå tilfeller hvor en representant svarer at de har alt under kontroll og at prosjekteringen går etter planen, uten at dette er tilfelle.

Intervjuobjekter opplever det som vanskelig å spore hvorfor endringer skjer i en tradisjonell prosjekteringsprosess. Etter å ha tatt i bruk MMI ser de derimot at dette har en klar sammenheng med hvordan prosessen struktureres. Det har av et intervjuobjekt blitt utført en måling av endringer etter MMI 300. Få endringer etter MMI 300 blir sett på som et tegn på at prosjekteringen er pålitelig og det viser at prosessen at et godt system for å håndtere endringer underveis. Skanska har erfart at før prosjekteringsgruppen er kjent med hvordan MMI bør benyttes, oppstår det mye endringer og kollisjoner etter planlagt oppnåelse av MMI 300. Derimot når prosjekteringsgruppen er mer komfortabel og erfaren med bruken av MMI, stemmer planlagt fremdrift overens med faktisk planlagt fremdrift.

Det trekkes også fram et eksempel fra tradisjonell prosjektering, hvor det opereres med revisjonsnummer. På slike tegningsleveranser er det ingen måte markere status på tegningsleveransene. Det er ingen metode for å vurdere hvor ferdige tegningene er og hva de kan benyttes til. Her trekkes MMI fram som en forbedret løsning, fordi MMI gir en faktisk status på leveransene. Noe som gjør det mulig å ha bedre kontroll på tegningens modenhet og at det lettere kan vurderes hva tegningene kan benyttes til.

4.2.5 MMI i BIM

Enkelte intervjuobjekter opplever det som vanskelig å få rådgiverne til og teste ut bruken av MMI på objektnivå. De opplever i oppstartsmøter at alle en positiv innstilling, men i slike møter er det ofte de overordnede til de prosjekterende som deltar. Under utførelsen derimot, mener de prosjekterende at dette er mye ekstra arbeid og at det tar for mye tid å legge inn MMI i hvert objekt. Det er mye de prosjekterende skal utføre på et prosjekt, og derfor opplever ikke de prosjekterende MMI som viktig nok. Dermed har det vist seg å være vanskelig å skape entusiasme rundt bruken av MMI på objektnivå. Et annet argument for å ikke benytte MMI på objektnivå som trekkes fram av et intervjuobjekt er at det i en modell vil være så mange objekter, at det ikke kan planlegges på objektnivå. Dette fordi dette vil føre til at helhetsbildet forsvinner og de prosjekterende blir for opphengt i detaljer, noe som fort kan påvirke prosjekteringen negativt.

Intervjuobjekter påpeker at hovedfokuset til de prosjekterende på de fleste prosjekt i dag er å utarbeide arbeidstegninger. Dette mener enkelte intervjuobjekter at er den største utfordringen for å ta i bruk MMI på objektnivå. Så lenge det benyttes papirtegninger på byggeplass, vil fokuset alltid ligge på å fullføre disse og det å utvikle modellen vil være nedprioritert. Et intervjuobjekt antar at det i fremtiden i større grad vil brukes en kombinasjon mellom tegninger og modell, men påpeker at slik som praksisen er i dag er det for mange tegninger i omløp på en byggeplass. I tillegg til tegninger ligger det informasjon om hva som skal bygges i webhoteller og i modellen, dette fører til at det enkelte tilfeller foreligger mye mer informasjon enn nødvendig. Derfor trekker en BIM ansvarlig fram at i tiden fremover er bransjen nødt til å finne et grensesnitt mellom tegninger og modell, da det er unødvendig mye ressurser som går med til tegningsproduksjon. Videre trekkes det fram at dersom de prosjekterende skal komme seg opp på et nivå hvor de har fullstendig eierskap til modellen, og det skal være mulig å ta i bruk MMI på objektnivå på en god og verdiskapende måte, er det nødt til å skje en endring i bruken av tegninger og modell på byggeprosjekter.

Reduksjon av tegningsproduksjon vil gi de prosjekterende mer tid til å arbeide med modellen og en større nytteverdi av å legge inn informasjon. Det poengteres av intervjuobjekter at det er viktig at det ikke legges for mye ressurser i modelleringen, mengden ressurser som benyttes på modellering må harmonere med hva og hvordan modellen skal benyttes i prosjektet. Intervjuobjekter har erfart at det er viktig å kartlegge hva modellen skal brukes til før prosjekteringsprosessen settes i gang. Det poengteres også av enkelte intervjuobjekter at teknologiutviklingen muligens ikke har kommet langt nok i bransjen til å faktisk benytte MMI på objektnivå. Det å kreve at det modelleres mer nøyaktig enn hva som blir gjort på de mest avanserte BIM prosjektene i dag, bør en være forsiktig med påpeker et intervjuobjekt. For det første fordi datakraft har mye å si, store modeller med mange objekter beregnet for visualisering, vil gi enhver pc problemer med å dra modellen. For det andre tar det mye tid å legge inn alle de objektene som trengs for å skape en komplett modell.

Nok en utfordring som er knyttet til det å ta i bruk MMI på objektnivå er at det er flere objekter som går over flere soner. Blant annet trekkes ventilasjonssystemet fram som et eksempel, dette er et komplekst system og dersom objektene blir splittet, kan dette ha konsekvenser for beregninger som skal utføres. Et slikt langsgående system som ventilasjonssystemet vil også ha mange ulike avhengigheter innad i modellen, det å sette et MMI nivå på et objekt, vil påvirke resten av systemet.

4.3 IMPLEMENTERING AV MMI I PROSJEKT

Dette avsnittet baserer seg på forslag og tanker rundt implementering av MMI som har kommet fram i intervjuer.

4.3.1 MMI – definisjoner

Det er stort sett enighet hos intervjuobjektene om at MMI – definisjonene utformet av Fløisbonn et al. (2018) skal benyttes i bransjen fremover. Utenom et intervjuobjekt som mener at MMI føles for diffust, og ønsker en hybridløsning mellom MMI og LoD. Dette fordi et bygg består av soner, områder og systemer, noe som gjør at byggeprosjekter er komplekse. Uansett hvordan MMI benyttes og defineres, presiserer flere intervjuobjekt at det ikke er MMI – nivåene i seg selv som er det viktigste, men prosessen for å komme frem til de ulike nivåene. Det påpekes i intervjuer at definisjonen av MMI kan variere i prosjekter ettersom at alle prosjekter i seg selv er ulike, men også fordi det finnes ulike personligheter, kunnskap, erfaring og mål hos aktørene i ethvert prosjekt.

Når MMI tas i bruk av en prosjekteringsleder for første gang mener et intervjuobjekt at det må være åpenhet for å tilpasse antall MMI nivåer til prosjektets behov. Enkelte andre intervjuobjekter mener derimot at det er nødvendig å benytte alle MMI – nivåene og at det er mer aktuelt å dele opp i flere nivåer enn færre. Det trekkes frem at hvert prosjekt bør ha en samtale rundt hva slags betydning MMI skal ha for prosjektet. Utarbeidelsen av MMI definisjonene bør utføres i en oppstartsprosess, hvor alle aktører er med og definerer betydningen av nivåene. Det er opptil prosjektet selv og de ulike aktørene å definere nivåene, alle aktører må definere det de selv trenger for å utarbeide produksjonsunderlaget. Dette bidrar til å skape en god prosess hvor aktørene blir kjent med det som skal bygges. Det poengteres at en slik prosess gjør det mulig å kartlegge innbyrdes hvor mye informasjon de ulike aktørene trenger fra hverandre.

4.3.2 Organisering av prosjekter

Alle intervjuobjektene er enige i at prosjektet må deles opp, byggeprosjekter blir stadig større og dette gjør det viktig å dele opp og strukturere prosjektet for at ikke arbeidsoppgavene skal bli overveldende. Det er enighet blant intervjuobjektene at oppdelingen bør variere i ulike prosjekter, men det trekkes fram fra entreprenørene at oppdelingen ideelt sett bør utvikles sammen med produksjonsgruppen. Slik at den samme oppdelingen brukes på hele prosjektet, dette gir en god struktur på prosjektets organisering. I tillegg kan dette sikre at de områdene produksjon skal starte på, også er de områdene hvor produksjonsgrunnlaget er fullført først.

Det anbefales av et intervjuobjekt at når prosjektet skal deles opp, bør det tenkes «område og system». Da det er flere systemer i et bygg som går på tvers av områder og gjennom flere soner. Det trekkes frem at det er viktig å bruke tid på å utvikle en god og fornuftig oppdeling. Denne prosessen bør utføres som en åpen prosess, hvor rådgiverne involveres, og hele prosjekteringsgruppen angriper problematikken samlet. De ulike rådgiverne har mye kunnskap og det er derfor nyttig å høre hvordan de mener prosjektet burde deles opp. En slik prosess må utføres i oppstarten av prosjektet, dersom struktureringen starter for sent, vil ikke oppdelingen bli forankret i hele prosjektet.

Det trekkes frem av intervjuobjekter fra entreprenørbedrifter, at de ser på det som en fordel om det utvikles enkelte veiledende føringer for hvordan et prosjekt skal deles opp. Enkelte poengterer at det er unødvendig at prosjekteringslederne skal «finne opp hjulet» hver gang de starter et nytt prosjekt. Derfor bør det utvikles enkelte standardiserte rutiner, som hvert prosjekt tilpasses til. Det foreslås at det kan lages en veileder for de mest typiske

bygningstypene, leilighetsprosjekter, næringsbygg og undervisningsbygg. De spesielle funksjonene i disse byggene må tas hensyn til, oppdelingen bør derfor lages basert på hvilke områder som trenger ekstra fokus og ressurser for planlegging.

4.3.3 Planlegging av prosjekteringsprosessen ved bruk av MMI

Oppstartsprosessen

Det trekkes frem i flere intervjuer at det er viktig å starte tidlig og at alle aktørene må inkluderes i prosessen. Første gang en prosjekteringsleder tester ut MMI, påpekes det at det bør være en utvidet oppstart og at alle aktører bør ha en tankegang om at dette er et «pilotprosjekt». Ensbetydende med at det må være rom for å prøve seg frem, komme med ideer og forståelse for at dersom prosessen ikke går som forventet, kan dette påvirke produktiviteten til prosjekteringsgruppen og kanskje også produksjonen.

Først er det viktig å kartlegge hva prosjektet ønsker å benytte MMI til og hva bruken av MMI skal løse, dette må vurderes av alle aktørene i prosjekteringsgruppen. For å kunne vurdere dette må aktørene bli kjent med prosjektet og være godt kjent med de forskjellige MMI nivåene som skal benyttes. MMI nivåene som er definert må fungere for alle aktørene, tilpasses til den spesifikke aktøren og være tydelig definerte. Dette er viktig for videre planlegging, da alle aktørene må være samlet rundt MMI tankegangen og forstå hva det innebærer.

Fremdrift

Flere intervjuobjekter arbeider i bedrifter som benytter seg av Lean tankegang i produksjon, flere påpeker at denne tankegangen også bør benyttes i planleggingen av prosjekteringen. Med dette mener de å ta i bruk en fremdriftsplan for det lange løp, en såkalt hovedfremdriftsplan for prosjekteringen. Det presiseres at hovedfremdriftsplanen i prosjekteringen bør ha sammenheng med produksjonens fremdriftsplan, for å sikre at produksjonsgrunnlaget er ferdig til rett tid. Basert på aktivitetene i hovedfremdriftsplanen foreslås det å benytte bakoverplanlegging, for å utarbeide en 2 ukers plan eller ukeplan. Denne bør si mer detaljert hvilke aktiviteter aktørene i prosjekteringen må utføre for å komme fram til det som er planlagt i hovedfremdriftsplanen. Intervjuobjekter mener at disse fremdriftsplanene bør lages i excel, på lik linje som hvordan produksjonen gjør det.

Det å legge inn utviklingen av modellens modenhet er neste skritt i planleggingen. MMI og modenhetsgraden i BIM, bør knyttes opp mot de inndelte sonene, områdene og systemene i bygget og dette bør benyttes til å strukturere planleggingen. Det å knytte MMI opp mot fremdriften vil ifølge intervjuobjekter gjøre det lettere for produksjon å forstå når området er klart for produksjon, og dette vil i tillegg også forsikre produksjonen om at informasjonen i området er ferdig utviklet. Det påpekes også at det å planlegge ved bruk av MMI, kan sikre at avhengigheter blir ivaretatt i planleggingen. Fordi fremdriftsplanleggingen tar høyde for avhengigheter og behov mellom aktørene, slik at for at et fag skal kunne utføre produksjon, trenger ikke alle aktører som arbeider med produksjonsunderlag i den sonen å ha fullført underlaget, men det må ha oppnådd et visst nivå for å ikke påvirke andre aktører sitt arbeid.

Det påpekes i intervjuer at det er viktig at alle aktørene selv definerer hvilken modenhet deres modellering skal ha til ulike tider i prosjektets forløp. Dette fordi det er mye som foregår utenom selve prosjekteringen for å nå et MMI nivå, og det er aktørene som har mest kunnskap om hvordan deres prosess fungerer. Prosjekteringslederen bør styre denne planleggingen ved å kommunisere når ting burde være ferdig med tanke på

hovedfremdriftsplanen og veilede de ulike aktørene dersom prosjekteringsleder ser at de foreslåtte tidspunktene ikke harmonerer med planlagt fremdrift.

Design milepæler

Enkelte intervjuobjekt trekker fram tankegangen om design milepæler som benyttes i offshore bransjen. Dette går i hovedsak ut på at det utarbeides en design milepæl, også bestemmes det hvilke arbeidsoppgaver som må utføres for å oppnå de ulike milepælene. Et intervjuobjekt har erfaringer fra oljebransjen og presiserer at ettersom at denne bransjen er mer rigid enn byggebransjen, er aktivitetene som skal utføres mellom milepælene bestemt av ledelsen og den utførende aktøren får kun være med og bestemme når milepælen skal settes. Design milepælene danner i offshore utgangspunktet for hovedfremdriftsplanen for produksjonen, og prosjekteringen kommer tidlig inn og tar utgangspunkt i planen til produksjonen. Det argumenteres for at i byggebransjen må design milepælene tilpasses prosjektet. Et intervjuobjekt foreslår at det lages en modell basert på erfaringstall for de mest typiske bygningstypene i en entreprenørbedrift, slik at prosessen blir til dels standardisert.

Det poengteres at når en aktør i prosjekteringsgruppen når et MMI nivå, bør det benyttes en «freeze lock». Dette vil si at når MMI nivået er oppnådd, blir de produserte objektene låst og det er ikke mulig å gå tilbake og endre løsninger. Etter at et MMI nivå er nådd, er det kun mulig å videreutvikle de allerede produserte objekter og løsninger. Dersom de prosjekterende har behov for å gå tilbake til forrige MMI nivå betyr dette at forrige nivå ikke ble fullført på en god måte, og at aktøren ikke skulle fått godkjenning for å starte på neste nivå. Denne tankegangen gjør at de prosjekterende er nødt til å fullføre det som står i planen, og dermed unngår de prosjekterende eventuelle iterasjoner. Det presiserer også at ved bruk av en slik prosess er det viktig å starte med det store i forhold til geometri, også må en sakte dykke ned i de mindre detaljene. Dette for å sikre at det blir plass til de store objektene i bygget, og unngå at problemer knyttet til areal oppstår sent i prosjekteringen.

4.3.4 Kontroll av leveranser, fremdrift og modenhet

Fremdrift

Kontroll av fremdriften foreslås at kan utføres basert på en metode som benyttes i oljebransjen, hvor det utføres en utsjekk ved hver design milepæl. Utsjekken utføres ved bruk av et regneark, eller et annet type digitalt dokument, hvor det er mulighet til å huke av eller markere status på en sjekklister. Utførte arbeidsoppgaver krysses av, og arbeidsoppgaver som ikke er utført kommenteres ved å legge inn kommentarer. Her kommenteres det hvorfor aktivitetene ikke er utført, slik at ledelsen kan vurdere om prosjekteringen må stoppes eller om den uten risiko kan fortsette. Dette er noe alle aktører må gjøre for å kunne fortsette videre arbeid.

Intervjuobjekter trekker frem at det underveis i prosjekteringen er nødvendig å utføre målinger. Dette for å kontrollere utviklingen av modellen og for å kartlegge hvilke arbeidsoppgaver som gjenstår. Det påpekes at dersom en prosjekteringsleder ser at enkelte elementer har lav modenhetsgrad, og at dette ikke harmonerer med fremdriftsplanen, er det en indikator på at enkelte aktører ikke leverer som planlagt. Dermed kan en slik kontroll være en god indikator på om prosjektet er sunt og går etter planen, eller om de prosjekterende ikke yter som planlagt. Dersom de prosjekterende ligger bak planen, påpeker intervjuobjekter at det er nødvendig å replanlegge fremdriften og oppdatere hovedfremdriftsplanen basert på dette underveis.

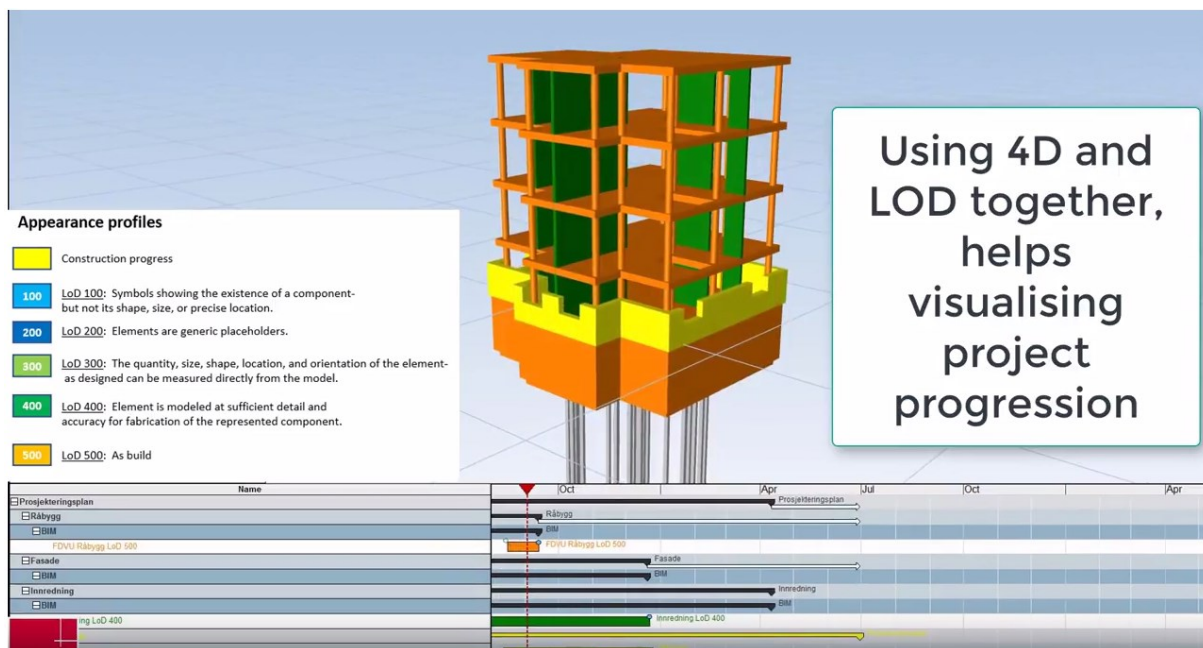
Solibri

Dersom MMI benyttes på objektnivå presenterer flere intervjuobjekter kontroller i Solibri som gjør det mulig å kontrollere modenheten til modellen på en helt annen måte. Solibri gjør det mulig å kjøre automatiske sjekker, basert på regler. Det kan lages regler som kontrollerer elementer med et spesifikt MMI nivå i et spesifisert område, for blant annet kollisjoner med andre elementer. Slike regler kan også kontrollere informasjonen som finnes i et objekt, geometrien eller plassering til objekter. Dette kan benyttes til å utføre mer strukturerte kollisjonskontroller. Et intervjuobjekt mener at kollisjonskontroller i stor grad kan perfektioneres ved bruk av MMI informasjon i objektene. Fordi ved å fokusere på de objektene med rett MMI nivå for den kontrollen som skal utføres, vil kontrollen kreve mindre ressursbruk.

Det påpekes av et intervjuobjekt at det bør være en BIM tekniker som sjekker og kontrollerer dette. Derimot mener et intervjuobjekt som er BIM koordinator at dette er en prosess som bør utføres av prosjekteringslederen. Prosjekteringsleder har bedre kjennskap til prosjektet og har derfor større mulighet for å oppdage feil og mangler i prosjekteringen, enn hva en BIM – koordinator som ikke kjenner prosjektet like godt har.

4.3.5 MMI i BIM

Enkelte intervjuobjekter er opptatt av at modenheten til objektene bør markeres visuelt i BIM. Det foreslås at dette kan gjøres ved å legge inn farger i modellen for å illustrere modenheten. Dette kan gjøres ved å legge inn overlay i modellen, intervjuobjekter mener at dette vil gi brukere av modellen bedre oversikt over hvilke objekter som er klare til produksjon og hvilke som ikke er det. Flere intervjuobjekter påpeker at det å visualisere modellens modenhet ved bruk av farger, kan løse et problem i bransjen som flere opplever slik prosessen fungerer i dag. Hvor rådgivere og arkitekter ikke tørr og levere fra seg modellen før den er helt ferdig, fordi de er redd for feilbestillinger. Ved å visualisere MMI i modellen vil både de i produksjonsgruppen og håndverkerne vite akkurat hva de kan benytte de ulike objektene i modellen til, og denne usikkerheten vil bli eliminert. Figur 27 viser et forslag på hvordan MMI kan legges inn i modellen for å visualisere modenheten, her er også fremdriftsplanen koblet sammen med MMI. Dette for å illustrere hvordan BIM, MMI og fremdriftsplan kan benyttes for bedre planlegging av prosjektet, og for å vise hvordan det å koble disse tre sammen kan gjøre det lettere å forstå prosjektet ved en visuell fremvisning.



Figur 27: Markering med farger i modellen, fra youtube filmen «4D planning with Level of Development (LoD)» av Fredrik Svalestuen.

4.3.6 Andre elementer som påvirker implementeringen

Kontrakt

Under intervjuer er det flere som har uttrykt viktigheten av å legge til rette for bruken av MMI i anskaffelsesprosessen, rådgiverne er nødt til å vite at MMI skal benyttes i allerede i tilbudsfasen. Flere intervjuobjekter mener at dette bør legges inn i kontrakten til rådgiverne, spesielt om det er ønskelig å benytte MMI på objektnivå. Dette vil gi rådgiverne alle forutsetningene for jobben de skal gi tilbud på, ved å gi ut informasjon om MMI arbeidsmetoden med en gang og da kan det være lettere å implementere. Det påpekes av et intervjuobjekt at dersom dette legges inn i kontrakt vil det være kostnadsdrivende, men det må bli sett i sammenheng med å redusere mengden arbeidstegninger. Et annet element som nevnes er at typen kontrakt som de rådgivende er engasjert gjennom, ofte påvirker arbeidet deres. Da noen får godt betalt og andre får dårlig betalt, avhengig av om de er kontrahert med timepris eller fastpris. Det påpekes at det kan være vanskelig å få de dårlig betalte rådgiverne til å levere tegninger i henhold til MMI tankegangen, ved å utvikle tegninger stegvis, da de ofte ønsker å gjøre seg ferdig med en gang for å benytte færrest mulig timer.

Entrepriseform

Flere intervjuobjekter fra entreprenørbedrifter trekker fram at de ofte opplever å komme for sent inn i prosjekter. Når totalentreprenøren blir kontrahert, har en arkitekt og et prosjekteringsteam utarbeidet et skisseprosjekt og det er dermed mye som er bestemt før entreprenøren kommer inn i prosjektet. Entreprenørene opplever ofte at når de som totalentreprenør overtar prosjekteringsunderlaget, er det stor usikkerhet rundt kvaliteten og modenheten på det de får overlevert. Den eneste informasjonen rundt prosjekteringsunderlaget er at det er et skisseunderlag, dette gjør at entreprenøren må hente inn ekstra informasjon fra byggherrens prosjekteringsgruppe. Entreprenørene opplever at skisseunderlaget ofte ikke er godt nok, noe som fører til at entreprenørens

prosjekteringsgruppe må starte prosjekteringen på nytt og dermed tar prosjekteringen lenger tid enn planlagt, noe som påvirker produksjonen negativt.

På bakgrunn av dette trekker intervjuobjekter frem at MMI er et godt verktøy for å løse dette problemet. Dersom alle aktørene i byggebransjen benytter MMI språket og benytter MMI arbeidsprosessen, vil entreprenøren kunne være sikker på det prosjekteringsmaterialet de får utlevert. Dette vil spare tid for de utførende, ved at det unngås dobbeltarbeid. Et intervjuobjekt påpeker at en totalentreprise ser kun på MMI fra 200/300 til 500, og derfor er det viktig at arkitekt og rådgivere i byggherres prosjekteringsgruppe ivaretar de første MMI nivåene.

Team og individ

For å få til implementering av MMI påpeker flere intervjuobjekter at det er viktig å ha et godt team, hvor alle er motiverte for å teste ut et nytt verktøy. I tillegg til støtte innad i prosjektet, trekkes det også frem at det også er viktig for prosjekteringslederen med støtte fra høyere opp i bedriften. Det påpekes at en prosjekteringsleder som aldri har benyttet MMI før, kan ha bruk for en støtteperson som kan komme med innspill og hjelp om nødvendig. Dette presenteres som essensielt i oppstarten, ettersom at prosjekteringslederen trer ut av komfortsonen og det kan oppstå stor usikkerhet rundt gjennomføring og bruk underveis i prosessen.

Et annet intervjuobjekt trekker frem viktigheten av kunnskapsnivået og engasjementet til PPA teamet, prosjektleder, prosjekteringsleder og anleggsleder. Disse har mye å si på hvor avansert BIM benyttes på prosjekter og vil også ha mye å si for det å ta i bruk nye verktøy. Dersom prosjektets ledere er nysgjerrige og ønsker å ta i bruk MMI, vil dette være det beste utgangspunktet for suksessfull implementering.

5 DISKUSJON

I dette kapitlet knyttes resultatet sammen med den presenterte teorien i oppgaven. Først diskuteres de ulike forskningsspørsmålene hver for seg, og i hvert av forskningsspørsmål diskuteres de fem temaene som ble presentert i resultatet. Videre følger et underkapittel med forslag om hvordan MMI kan implementeres i et byggeprosjekt, dette underkapitlet baserer seg på det som har blitt diskutert tidligere i diskusjonen. Diskusjonen danner det viktigste grunnlaget for å besvare hovedformålet med oppgaven, om hvordan MMI kan implementeres i et byggeprosjekt.

5.1 TILNÆRMINGER TIL BRUK AV MMI

5.1.1 MMI – definisjoner

Fra oppgavens litteratursøk sier Borrmann *et al.* (2014) at forhåndsdefinerte nivåer ikke nødvendigvis vil være en fordel i alle prosjekter. Han mener at MMI – nivåene bør defineres på nytt for hvert prosjekt og at de bør tilpasses de aktørene som er med i prosjektet og aktivitetene som skal utføres. De to MMI – definisjonene som er presentert i resultatet, i henholdsvis figur 21 og tabell 4, baserer seg begge to på rammeverket til Fløisbonn *et al.* (2018). Disse er mer spesifikke enn Veidekke – modellen og Skanska modellen, presentert av Nøklebye (2018), da begge fokuserer på hvilke arbeidsoppgaver som skal utføres mellom de ulike MMI nivåene. Dette viser at rammeverket til Fløisbonn *et al.* (2018), er fleksibelt og mulig å tilpasse til ønskelig bruk. Dette er viktig da ulike aktører kan trenge ulike antall MMI nivåer, slik som konstruktørene på E6 AM. Dette styrker også Borrmann *et al.* (2014) sitt argument om at MMI nivåer må spesial tilpasses ettersom at alle prosjekter er unike og består av ulike aktører.

Det er forskjell i bruken av MMI basert på om prosjekteringslederen kommer fra en entreprenørbedrift eller er en byggherrerepresentant. Westergaard, Arge og Moe (2009) påpeker at alle aktørene i byggebransjen stort sett ønsker å jobbe hver for seg på sine egne premisser. Ifølge Bygg21 (2015) skal en som er involvert i prosjektet på prosjektledernivå ta ansvar for helheten på tvers av leverandørgruppen. Basert på intervjuer kan det argumenteres for at bruken av MMI påvirkes av hvilket kontraktsforhold prosjekteringslederen er kontrahert med, og hvilken bedrift den har lojalitet til. En prosjekteringsleder fra en entreprenørbedrift vil fokusere på mest mulig effektiv produksjon, mens en byggherrerepresentant vil derimot ha et annet kontraktsforhold, og fokusere mer på hele prosessen fra start til slutt. En byggherrerepresentant vil også ha mulighet til å innføre MMI tidligere i et prosjekt enn en entreprenør, noe som kan virke positivt fordi som El Reifi, Emmitt og Ruikar (2013) påpeker er den tidlige fasen i prosjekter essensielle for å oppnå et suksessfullt byggeprosjekt.

5.1.2 Organisering av prosjektet

Både Skanska og E6 AM benytter seg av omtrent samme metode for å organisere prosjektet. Hvor prosjektet først deles opp i mindre soner, og deretter i mindre arbeidspakker. Denne metodikken gjør at de prosjekterende klarer å fokusere på å gjøre de riktige tingene riktig, noe som ifølge Hansen og Olsson (2011) er ekstremt viktig fordi kostnader og kvaliteten blir låst lenge før produksjonen starter. Dermed kan det unngås unødvendige iterasjoner, ved at det må gjøres store endringer når produksjonen kommer inn i prosessen. Dette er spesielt viktig i store prosjekter, hvor det kan være vanskelig å se de kritiske punktene fordi det er mange elementer å håndtere. Denne oppdelingen av

arbeidsoppgaver kan med stor fordel baseres på bygningsdelstabellen. Fra teorien kan en se at Svalestuen *et al.* (2018) sin beslutningsplan i figur 13 også er delt opp i bygningsdeler, denne inndelingen kan gjøre prosjekteringen mer oversiktlig.

5.1.3 Planlegging av fremdrift, modenhet og utvikling

Bruken av lappeteknikk for planlegging blir benyttet av flere intervjuobjekter og er også nevnt i teorien. Fordelene med bruken av lappeplan, som er en norsk tilpasning av Last Planner™ Systemet, er som Tauriainen *et al.* (2016) påpeker at det hjelper prosjekteringsleder med å utvikle og holde fremdriftsplanen, og kontrollerer informasjonsflyten i et prosjekt. Som det er presentert i teorien benytter Skanska i hovedsak lappeplanen til å planlegge prosjekteringsprosessen. Ballard (2000b) mener at metoden danner god oversikt over hvilke arbeidsoppgaver som er klare til å utføres, og er derfor et godt grunnlag for utarbeidelsen av ukentlige arbeidsplaner. Det kan argumenteres for at lappeplanen til Skanska i figur 18, fremstår som meget enkel og oversiktlig, og er derfor godt egnet som en visuell generell fremstilling av planlagt fremdrift, hvor post-it lappene enkelt kan flyttes dersom fremdriften må endres.

I resultatet er det presentert en annen måte å benytte lappeteknikken på, hvor den benyttes for å kartlegge behov og avhengigheter. Knotten *et al.* (2015) sier at prosjekteringsprosessen består av gjensidige og intensive avhengigheter, dette krever koordinering av informasjonsoverføring underveis i prosessen poengterer Thompson (1967). Denne informasjonsoverføringen blir ivaretatt ved at alle de prosjekterende er med og utfører lappeteknikken. Hvor de plasserer post-it lapper med sine avhengigheter og behov fra andre på plakater. Informasjonsoverføringen blir også ivaretatt i begge de presenterte MMI – definisjonene i resultatet, da det i hvert nivå er definert hvilke arbeidsoppgaver som skal utføres. Dette sikrer at de ulike aktørene tar hensyn til hverandres behov og informasjon forsvinner ikke underveis, ettersom at de ved bruk av MMI kan kommunisere bedre. Dermed blir de to grensesnittet, fasevis og faglig som ble presentert i teorien av Westergaard, Arge og Moe (2009) håndtert på en god måte også.

På E6 AM benyttet de ikke lappeplan, men de samlet uansett alle de prosjekterende og alle var med å definerte sine arbeidsoppgaver for hvert nivå. Resultatet fra denne øvelsen ble benyttet til å utarbeide en leveranseplan. Dette er en metode som fokuserer mer på aktivitetene som skal skje mellom hvert nivå, enn hva Skanska sin metode gjør. Dette gjør at alle vet hvilke arbeidsoppgaver som gjenstår, og dermed er det fasevise grensesnittet, presentert av Westergaard, Arge og Moe (2009), som går mellom prosjektering og produksjon sikret. Basert på leveranseplanen og MMI definisjonene til prosjektering, kan dermed produksjon vurdere hvilket produksjonsunderlag de kan benytte til ulike tider og oppgaver.

5.1.4 Kontroll av fremdrift, modenhet og utvikling

Som spesifikk kontroll av MMI benytter Skanska et kontrollskjema ved fullført MMI – nivå. Dette er en god løsning for å kontrollere at det planlagte arbeidet har blitt utført. Derimot gir dette lite oversikt over utviklingen underveis og dersom det er et langt tidsrom mellom f.eks MMI 300 og 350, kan det være utfordrende å ha kontroll på fremdriften uten andre former for kontroll av utviklingen av modellen. Fra teorien sier Fosse, Ballard og Fischer (2017); Nøklebye (2018) at Skanska også benytter seg av jevnlig målinger ved bruk av Last Planner™ verktøy som PPC og rotårsaker, kollisjonstrender i de ulike områdene og evaluering av ICE møtene med tanke på effektivitet, involvering og forberedelser. Derimot er metoden som benyttes på E6 AM mer i tråd med tankegangen om at all kommunikasjon skal gå gjennom modellen (Chen *et al.*, 2005). Både på E6 AM og byggherrerepresentanten

sine metoder gir en bedre oversikt over hvilket modenhetsnivå de ulike aktørene er på til enhver tid og hvordan de ligger an i forhold til planen. Grunnen til at Skanska har valgt å kontrollere på denne måten kan være mange, men en av dem kan være grunnet 1) det faktum at det kjøres intern kontroll, tverrfaglig kontroll og kontroll av byggherre/entreprenør på henholdsvis MMI 300, 350 og 400 basert på rammeverket til Fløisbonn *et al.* (2018). I tillegg til 2) at det på de tidlige nivåene mangler fysiske leveranser som tegninger, noe som gjør det vanskelig å måle hvor mye arbeid som har blitt utført og hvor mye som gjenstår på en gitt arbeidsoppgave og på hele prosjektet (Ballard og Koskela, 1998).

5.1.5 MMI i BIM

Veidekke sin metode for bruk av MMI på objektnivå er en start, men denne metoden må skaleres opp i større grad for å være fullstendig. Det å starte på denne forenklete måten kan være en fordel, da dette gjør det mulig å utarbeide en arbeidsmetodikk for bruken av MMI før det blir testet ut i fullskala. Fra teorien støttes dette opp av Hooper (2015), han antar at et standardisert rammeverk vil støtte en systematisk utvikling av prosjekteringsgrunnlaget i BIM – prosjekter og skape bedre muligheter for å utnytte de digitale ressursene som er tilgjengelige ved bruk av BIM. I tillegg mener han at dette kan gjøre det enklere å utnytte eksisterende kunnskap på en bedre måte.

Det å markere i modellen med farge gjør det oversiktlig for produksjonen. Dette gjør at håndverkerne på prosjekter med BIM – kiosk eller Ipad har mulighet til å vurdere hva som er klart til å bygges selv. Metoden som benyttes på E6 AM fungerer også til dette formålet. Svalestuen *et al.* (2018) mener at dette kan være med å forhindre at modellen feiltolkes av brukerne. Noe som kan eliminere risikoen for feilbestillinger på uferdig produksjonsmateriale. Dette synspunktet støttes av Tauriainen *et al.* (2016) som påpeker at det å visualisere prosjekteringsarbeidet vil føre til økning av det verdiskapende arbeidet, og enklere å identifisere og fjerne arbeidsoppgaver som ikke skaper verdi. I tillegg kan den visuelle fremstillingen av modellens modenhet kan gi bedre diskusjon rundt løsninger og muligheter, dermed kan antallet iterasjoner og feil bli redusert, noe som fører til en mer økonomisk byggeprosess ifølge Tauriainen *et al.* (2016).

5.2 ERFARINGER MED BRUK AV MMI

5.2.1 MMI – definisjoner

Det faktum at MMI rammeverket i hovedsak fokuserer på MMI 200-400 kan det antakeligvis flere årsaker til. Ballard og Koskela (1998) poengterer at det ikke foreligger noen fysiske tegninger i de tidlige fasene, noe som gjør det vanskelig å evaluere og kontrollere arbeidet. Eikeland (2001) poengterer også at der ofte ikke foreligger noen klare mål før for sent i de tidlige fasene. Dette kan gjøre det vanskelig å definere MMI før oppnådd MMI 200, fordi det er først på MMI 200 at det foreligger noe konkret å forholde seg til, ettersom at det da skal være et ferdig konsept ifølge rammeverket til Fløisbonn *et al.* (2018). I tillegg kan det være stor variasjon i hvordan et prosjekt starter opp, noe som også kan påvirke bruken av MMI. Det er også mange elementer som foregår utenfor modellen i de tidlige fasene, og disse elementene kan oppleves som vanskelig å knytte sammen med MMI.

Disse elementene kan gjøre det vanskelig å utvikle generelle definisjoner på MMI fra 0 til 200. Rammeverket til Knotten (2018) kan benyttes som et hjelpemiddel for å sikre at MMI blir tatt i bruk allerede i tidlige fasene. Rammeverket er tiltenkt å hjelpe prosjekteringsledere

å håndtere tidlig fasene i prosjektering. Knotten (2018) påpeker at det bør utvikles en spesifikk arbeidsstrategi for hvert enkelt prosjekt, ved å vurdere konteksten og planleggingen til det individuelle prosjektet. Ved å benytte hans tre faser, evaluering, initialisering og utførelse kan problemet med oppstarten og usikkerheter ved bruk av MMI fra 0 til 200 reduseres. Dette fordi det i stor grad blir satt fokus på de tidlige fasene og det sikres i stor grad at de aktuelle avgjørelsene som må tas tidlig blir tatt til rett tid.

I teorien presenteres det en LoD – beslutningsplan, en slik plan kan ifølge Svalestuen *et al.* (2018) hjelpe prosjekteringslederen å styre at iterasjoner blir gjort i riktig rekkefølge. Dette gjør det mulig å ekskludere aktiviteter som ikke tilfører prosjektet verdi og å vurdere når hovedarbeidsoppgavene skal utføres. Svalestuen *et al.* (2018) sier at MMI – nivået markerer siste mulighet for å ta en avgjørelse og store iterasjoner bør utføres på et lavt MMI nivå. Dette støtter oppunder resultatet, hvor det påpekes at en av de viktigste elementene rundt bruken av MMI er det å kartlegge arbeidsoppgavene som skal utføres på de ulike MMI nivåene og det å vurdere hvorfor de skal utføres.

5.2.2 Organisering av prosjektet

Det å dele opp modellen i de samme sonene er i et stort prosjekt veldig aktuelt. Da en stor modell kan føre til treg PC, frustrasjon og det å kun arbeide med en mindre sone av den komplette modellen kan føre til at det ikke skjer feil i hele modellen dersom noe skulle skje. Dette er derimot kun nødvendig i store prosjekter hvor det er mange kvadratmeter som skal prosjekteres, med høyt detaljeringsnivå. Mindre prosjekter, spesielt i prosjekter hvor modellen ikke brukes like aktivt, er ikke oppdeling av modellen like aktuelt. Dette avhenger dermed av størrelsen til prosjektet og hvor avansert BIM bruken er.

5.2.3 Planlegging av fremdrift, modenhet og utvikling

Arbeidsmetoden ved bruk av MMI sikrer at informasjon og kommunikasjon går gjennom modellen, noe som sikrer en arbeidsprosess tilpasset nye verktøy som er omtalt i teorien av Westergaard, Arge og Moe (2009). Westergaard, Arge og Moe (2009) sier også at en tverrfaglig og helhetlig modell, er avgjørende for at beslutninger i utviklingen kan gjøres tydeligere, mer kommuniserbare og tas på tidligere tidspunkt enn hva det har blitt gjort tradisjonelt. MMI vil bidra til dette ved at det kan skapes en leveranseplan for produksjonsmaterialet basert på forventninger, avhengigheter og behov som kommuniseres ved bruk av MMI.

Det at enkelte opplever at MMI har god effekt også utenom et BIM – prosjekt er veldig positivt for rammeverket. Svalestuen *et al.* (2018) mener at alle aktørene må benytte seg av modellen, dette fordi dersom enkelte aktører ikke benytter seg av modellen vil kommunikasjon og informasjon foregå på utsiden av modellen og da vil en ikke oppnå potensialet til BIM. Det er stor forskjell på bruken av BIM i dag, det er selvfølgelig en fordel at aktørene til en viss grad presses til å benytte BIM, da dette kan føre med seg positive effekter dersom det implementeres riktig ifølge Abou-Ibrahim og Hamzeh (2016). Spesielt i distriktene vil dette derimot være vanskelig å få til i de kommende årene, men dette burde ikke stoppe en prosjekteringsleder fra å ta i bruk MMI om ønskelig. Derfor er det svært gunstig at MMI fungerer for å håndtere prosessen, og ikke nødvendigvis fokuserer så mye på BIM.

Fra teorien sier Eikeland (2001) at et problem som ofte oppstår i byggebransjen er at kunder, brukere og de prosjekterende ikke vet hva som er byggets mål før handlingsrommet er på vei mot å lukkes. Ved å benytte Knotten (2018) sitt rammeverk kan det sikres at målene for prosjektet blir satt i starten av prosjektet. En beslutningsplan

kan bidra til at kunder og brukere vet når de må ta de ulike beslutningene om tilvalg. Det kan lages en egen beslutningsplan som er rettet direkte mot kunder og brukere. Dette vil også føre til at rådgiverne ikke må vente på at det blir tatt en beslutning, fordi ved bruken av en beslutningsplan kan rådgiverne planlegge sine leveranser basert på når beslutninger blir tatt. Dette støtter også oppunder tankegangen bak Neste steg og Knotten, Klakegg og Hosseini (2016) sin tankegang rundt beslutningspunkter. Beslutningspunkter skal sikre at de rette beslutningene blir tatt på rett tid, og er essensielle i en implementeringsstrategi, dermed kan det argumenteres for at en beslutningsplan et godt verktøy.

5.2.4 Kontroll av fremdrift, modenhet og utvikling

Feilrapportering av status i møter kan i stor grad elimineres ved å benytte et system, slik som de benytter på E6 med automatisk oppdatering. Da er ikke prosjekteringsleder avhengig av at de overordnede må rapportere om fremdrift. Fra teorien om ICE møter bør ifølge Knotten (2018) prosjekteringsstatus gjennomgås og det bør utføres kontinuerlig fremdriftsplanlegging. I tillegg settes det felles mål for prosjektet og det utføres kontinuerlig kartlegging av teamets leveranser. En slik møtestruktur er å trakte etter, hvor en gjør opp en kjapp status på fremdrift og deretter løser problemer. Dette kalles særmøter eller temamøter i IPP tankegangen. Det å benytte ICE og IPP sammen blir sett på som en stor fordel ifølge Nøklebye (2018).

Samset (2008) sier at det er i tidlig fase det er størst mulighet for å påvirke prosjektets utforming og hvor endringer har minst betydning for endelig kostnad. Derfor kan det argumenteres for at bruken av MMI og det å kunne sikre at de store beslutningene blir tatt før MMI200 er essensiell. Dette er mulig ettersom at Fløisbonn *et al.* (2018) i sitt rammeverk sier at det ikke skal oppstå store konseptendringer som påvirker andre fag, etter MMI 200. Dermed ved å sikre at alle de store beslutningene blir tatt før MMI 200 kan en unngå at det oppstår endringer for sent. Slik som Skanska har erfart, med at det først etter at prosjekteringsleder har blitt godt kjent med metodikken er mulig å unngå endringer og kollisjoner.

5.2.5 MMI i BIM

Erfaringene rundt bruken av MMI på objektnivå er få, og det er derfor det trekkes fram flest utfordringer. Disse utfordringene må løses for at MMI skal kunne tas i bruk på objektnivå. Det kan argumenteres for at enkelte av utfordringene med MMI på objektnivå, kan sammenlignes med de negative tilbakemeldingene knyttet til LoD. Blant annet påpeker Nøklebye (2018) at LoD er for detaljorientert og Abou-Ibrahim og Hamzeh (2017) mener det er vanskelig å se verdiskapningen i modellen når LoD fokuserer på utviklingen av objekter. Samtidig kan det også argumenteres for at bruken av MMI på objektnivå vil støtte oppunder bruken av BIM, fordi en vil sikre at all informasjon og kommunikasjon går gjennom modellen slik som anbefalt av Chen *et al.* (2005). Ved å legge inn MMI på objektnivå kan også kvaliteten på prosjekteringen kontrolleres på en helt annen måte enn i dag. Hooper (2015) mener at modellsjekkregler av MMI på objektnivå vil føre til at det automatisk blir utført en kontroll av modellens faktiske utvikling versus planlagt utvikling. De standardiserte gjenbrukbare modellsjekkreglene, ville støtte oppunder MMI definisjonene og dermed gjøre prosessen mindre arbeidskrevende.

Reduksjon av tegninger i bransjen har vært et tema i mange år etter at BIM og digitalisering ble kjente begreper. Det er denne veien bransjen må gå, tegninger som er vanskelige å forstå, med usikker kvalitet og dårlige tekniske løsninger, må bort for å redusere usikkerheten i byggeprosjekter. Det å erstatte dette med BIM og MMI på objektnivå, kan være et godt verktøy for å endre dagens praksis. Dette vil endre

ledelsesstrategien til prosjekteringslederen, noe som ifølge Tauriainen *et al.* (2016) er viktig for å utnytte potensialet i BIM. Det å ha en modell som fagarbeiderne kan benytte slik det passer dem, med tydelig informasjon om hva som skal bygges, hvordan det skal bygges og markering av modenheten i modellen. I dag lages tegningene for fagarbeiderne, mens modellen ofte lages for de prosjekterende og kanskje funksjonærene i produksjon. Modellen bør derimot også lages for fagarbeiderne, de bør inkluderes i planleggingen av fremdriften og de bør få den nødvendige opplæringen for å bruke de nye verktøyene. Fagarbeiderne bør blant annet få definere hvor detaljert de vil ha modellen for at de skal kunne utføre arbeidet uten risiko. Dette støtter oppunder tankegangen bak Involverende planlegging Prosjektering og ICE.

5.3 IMPLEMENTERING AV MMI I PROSJEKT

5.3.1 MMI – definisjoner

Rammeverket til Fløisbonn *et al.* (2018) kan fungere som et hjelpemiddel for å unngå at alle jobber etter sine egne premisser. Da dette er et rammeverk som gir alle et systematisk rammeverk og en felles implementeringsstrategi, noe som ifølge Knotten, Klakegg og Hosseini (2016) fører til kontinuerlig forbedring og mulighet til å lære fra tidligere erfaringer, som igjen kan føre til bedre produktivitet. Dette vil også gi alle de prosjekterende på et prosjekt felles faser, noe som kan hindre kommunikasjonsproblemer som oppstår i dag (Westergaard, Arge og Moe, 2009). Dermed kan rammeverket til Fløisbonn *et al.* (2018) gi de prosjekterende et omforent og felles språk, noe som gjøre det enklere å ta i bruk MMI på nye prosjekter, ettersom at alle aktørene er vant til å jobbe etter de samme rammene i utgangspunktet.

Det å ha en god diskusjon rundt bruken av MMI i oppstarten av prosjektet kan være en suksessfaktor, da dette er diskusjoner som hører hjemme i de tidlige fasene basert på rammeverket til Knotten (2018). Det må settes mål for prosjektet og for bruken av BIM og MMI, og dette bør gjøres så tidlig som mulig. Basert på Veidekkes IPP veileder er dette elementer som bør trekkes frem i en oppstartssamling (Knotten *et al.*, 2017b). En slik oppstartssamling kan være svært nyttig å benytte for en prosjekteringsleder, og det anbefales at en slik gjennomføres uansett hvor dårlig tid prosjekteringsgruppen har for å utarbeide produksjonsunderlaget. Dette fordi en god tidlig fase reduserer usikkerhet og forbedrer kvalitet ifølge El. Reifi og Emmitt (2013), og dette gjøres i oppstartssamlingen ved at det blant annet lages gruppeavtale, roller og forventninger avklares og usikkerheter avklares (Knotten *et al.*, 2017b).

5.3.2 Organisering av prosjektet

Tankegangen med «område og system» er veldig aktuell, da det er store avhengigheter mellom disse, samtidig som at området og systemet ikke utvikles i takt. For at de tekniske rådgiverne skal kunne starte med å prosjektere sine føringer, er de avhengig av at arkitekten har tegnet bygget til MMI 100, slik at de har en skisse å ta utgangspunkt i for sine arbeider. Deretter bør de tekniske rådgiverne oppnå MMI 200 før arkitekten, da det kan sikre at det er plass til alt det tekniske utstyret. Deretter kan arkitekt sikre at alle arkitektoniske elementer blir ivaretatt i bygget, og gjøre små justeringer for å tilpasse til de tekniske løsningene. Det å benytte en slik strategi kan være viktig for å sikre at bygning innehar den ønskelige kvaliteten, ettersom at bygninger ifølge Gray og Hughes (2001) inneholder mer spesialisert utstyr, teknisk infrastruktur og flere tverrfaglige problemer. En god diskusjon rundt oppdelingen av «område og system» vil kunne føre til en rasjonell produksjon. Denne diskusjonen bør som påpekt i resultatet utføres i starten av prosjektet,

da det ikke vil være mulig å dele opp prosjektet etter at detaljprosjekteringen har kommet langt. Dermed er også dette et element som bør tas opp under en oppstartssamling i IPP tankegangen til Knotten *et al.* (2017b).

5.3.3 Planlegging av fremdrift, modenhet og utvikling

Oppstartsprosessen

I oppstartsprosessen legges grunnlaget for hvordan prosjektet skal struktureres, og dersom ikke MMI blir trukket inn i oppstarten av prosjekteringen vil det ikke være mulig å ta i bruk MMI slik som rammeverket er tiltenkt. Dette kan knyttes sammen med de to første fasene i Knotten (2018) sitt rammeverk, vurdering og initialisering. Hvor premissene for prosjektet bestemmes og prosjektet planlegges, her må MMI tankegangen komme inn helt fra start. Det bør vurderes hvordan prosjektet ønsker å benytte MMI, det må vurderes hva prosjektet faktisk ønsker å benytte MMI til, skal det benyttes til fremdriftsplanlegging, risikovurdering, skal det legges inn på objektnivå i modellen etc.? I tillegg til å bestemme hva det skal benyttes til, er det viktig å kartlegge hvorfor det skal benyttes. Dette er i tråd med rammeverket til Knotten (2018), hvor han sier at prosjekteringsledelsen i tidlig fase avhenger av konteksten til prosjektet, og dermed må denne konteksten defineres i en oppstartssamling hvor alle de prosjekterende aktørene er tilstede.

Det er viktig å benytte seg av IPP tankegangen for å sikre at alle aktørene er godt nok kjent med MMI nivåene. De prosjekterende er nødt til å være med og definere verdiene selv. Da vil de få eierskap og forståelse for metodikken de skal benytte, en slik forståelse er ikke mulig å oppnå ved å kun lese nivåene i et dokument. Dette er derfor muligens det viktigste punktet for å sikre at MMI blir suksessfullt implementert.

Fremdrift

Bruken av en hovedfremdriftsplan og en mindre 2 ukers eller ukeplan vil gjøre det lettere for en prosjekteringsleder å følge opp hvordan prosjekteringen går. Det å kun ha en hovedfremdriftsplan kan gjøre det vanskelig å styre prosessen, da det er mange aktiviteter som må utføres for å utarbeide en tegning. Derfor kan det være fordelaktig å ha en 2 ukers plan eller ukeplan til å styre de mindre aktivitetene mot den store hovedfremdriftsplanen, som harmonerer med produksjonen, kan bidra til at tegninger er ferdig til tiden. Dette er i stor grad samsvarende med Veidekke sin IPP veileder.

Design milepæler

Design milepæler kan knyttes opp mot fremdriftsplanen og blant annet i beslutningsplanen til Svalestuen *et al.* (2018) kan det argumentere for at hvert oppnådde MMI - nivå representerer en design milepæl. Det å oppnå en ny design milepæl er det samme som å gå over til en ny fase. Derfor kan teorien om at inndelingen av faser fungerer som milepæler mellom ulike nivåer i prosjektutviklingen av Westergaard, Arge og Moe (2009), benyttes til å argumentere for at arbeidet mellom hvert MMI - nivå kan defineres som en fase. Knotten, Klakegg og Hosseini (2016) mener at beslutningspunktene mellom hver fase er et nøkkelement i en god implementeringsstrategi. Dermed kan oljebransjen sine design milepæler representere det som byggebransjen kaller for beslutningspunkter, og ved bruk av MMI språket vil et MMI nivå erstatte begge disse to begrepene. Fasene i Neste steg kan derimot ikke erstattes av fasene mellom MMI nivåene, da disse ikke er sammenfallende, blant annet fordi MMI 350 ligger inne i detaljprosjekteringen. Det å benytte en «freeze lock» etter oppnådd MMI nivå er smart, for å forhindre at de prosjekterende ikke gjør seg ferdig til planlagt tid og for å unngå unødvendige iterasjoner.

5.3.4 Kontroll av fremdrift, modenhet og utvikling

Fremdrift

Det å benytte metoden fra oljebransjen, med utsjekk ved hver design milepæl er et viktig element for å sikre at alle aktører har fullført det arbeidet de skal underveis i MMI nivået. Dette er sammenfallende med tankegangen bak Neste steg av Knotten, Klakegg og Hosseini (2016) hvor de sier at mellom hver fase bør en stoppe opp og sjekke status, før en går videre til neste steg; dersom alt er i orden. Ved en kontroll kan det kontrolleres av prosjekteringslederen eller andre at modellen er utviklet i tilstrekkelig grad og at den ønskelige dokumentasjonen foreligger. Dersom enkelte aktører ikke leverer tilfredsstillende, er dette en enkel metode for å plukke opp unnasluntring og dårlig kvalitet. Disse utsjekkene gjør det også enkelt å vurdere om fremdriftsplanen er rett, og dermed kan prosessen kontinuerlig vurderes og re-planlegges mens arbeidet går slik som Knotten *et al.* (2015) påpeker som viktig.

Solibri

Bruken av Solibri kontroller er kun mulig dersom MMI legges inn på objektnivå. Dersom MMI blir benyttet på objektnivå, kan dette føre til at kollisjonskontroller kan bli kjørt mer effektivt og strukturert enn hva de gjøres i dag, dette støttes av Hooper (2015). Ettersom at automatiske modellsjekkregler i solibri gjør at det blir utført automatisk kontroll av modellens faktiske utvikling versus planlagt utvikling av modellen. I praksis fungerer dette blant annet ved at det på MMI 300 hvor det skal kjøres en intern kontroll, ved å ha MMI på objektnivå er det enkelt å sortere ut de elementene som faktisk er på MMI 300. Ved å unngå at elementer som er på et høyere eller lavere nivå blir med i kontroller, kan rådgiverne være sikre på at de kontrollerer de riktige elementene. Dette er en stor fordel da ikke alle soner, områder og systemer i hele bygget utvikles samtidig. Dette er i tråd med Hooper (2015) sitt rammeverk og hans tankegang rundt modellsjekkregler.

5.3.5 MMI i BIM

Den visuelle fremstillingen i figur 26 er oversiktlig og ryddig, men modellen er en svært forenklet modell. En typisk modell i et byggeprosjekt inneholder langt flere objekter enn hva modellen i figuren gjør. Derfor vil det være langt mer krevende å legge inn overlay på alle objektene som finnes i en modell. Det må derfor eventuelt vurderes om prosjektets inndeling av soner, områder og systemer skal benyttes for fargelegging istedenfor objektene. Dette vil gjøre det enklere og gjennomførbart å legge inn farger i modellen, denne utnyttelsen av overlay vil også være mer overkommelig enn å legge inn MMI på objektnivå da det vil ta betraktelig mindre tid. Dermed vil denne løsningen fungere på omtrent samme måte som på E6 AM, og eventuelle usikkerheter i enkelte objekter kan symboliseres i modellen ved bruk av et spesifisert symbol.

5.3.6 Andre elementer som påvirker implementeringen

Kontrakt

Ved å kontraktfeste MMI kan det sikres at MMI blir tatt ordentlig i bruk, da dette gjør det enklere for en prosjekteringsleder å kreve at alle benytter seg av MMI rammeverket. Dersom de prosjekterende ikke benytter MMI som planlagt, er det lettere for en prosjekteringsleder å påpeke dette når en kan støtte seg på det som er kontraktfestet. Dersom det ikke står bestemt i en kontrakt kan det være lettere for de prosjekterende å vri seg unna, ved å si at det tar for mye tid eller ved å si at de ikke har flere timer igjen å bruke på prosjektet basert på hva som står i kontrakten. Derfor kan det være nødvendig

å vurdere om kontraktene som benyttes for å kontrahere rådgivere må endres. Dersom kontrakten gjør at rådgivere ikke får til å benytte seg av MMI rammeverket når de blant annet jobber etter timepris.

I utgangspunktet bør en muntlig avtale være nok, ettersom at MMI bør defineres på en felles oppstartssamling. Det at alle er med og definerer MMI og bestemmer hvordan det skal brukes, bør skape nok eierskap og engasjement til at det ikke er nødvendig å kontraktfeste bruken av MMI. Derimot, dersom MMI skal benyttes på objektnivå, kan det i større grad være nødvendig å kontraktfeste bruken av MMI. Da dette vil være ressurskrevende, men som et intervjuobjekt så må det sees i sammenheng med å redusere tegninger. Dersom en tidlig i prosessen utfører en evaluering, gjerne sammen med produksjonen, hvor det vurderes hvilke tegninger som er nødvendige og definerer hva modellen skal benyttes til. Kan dette gjøre at en kan unngå dobbeltarbeid, og dermed kan det å legge inn MMI på objektnivå ikke kreve noe mer ressurser enn det å lage tegninger gjorde tidligere.

Entreprisereform

Usikkerheten rundt kvalitet og modenhet i skissegrunnlaget kan løses ved bruk av MMI. En start er å få rådgivere og arkitekter til å benytte seg av rammeverket til Fløisbonn et al. (2018) i alle prosjekter, dette er riktig vei å gå. Rammeverket er ikke godt nok definert for tidlig fase, MMI 0-200, slik det er i dag og det er derfor usikkert hvordan denne prosessen skal struktureres. Det er derfor ikke nødvendigvis nok at rådgivere og arkitekter kjenner til eller tar i bruk MMI. Det er også nødvendig å få med byggherre på denne tankemåten. Byggherre bør definere hvordan MMI skal benyttes i oppstarten for å strukturere arbeidet og sikre at skissegrunnlaget innehar den ønskede kvaliteten for å oppnå MMI 200. En uerfaren byggherre uten kunnskap om byggebransjen vil ikke ha mulighet til å gjøre dette, og derfor er det viktig at byggherrerepresentanter kjenner til MMI og har en strukturert metode for å benytte MMI i tidlig fase. Her kan det være viktig at de store offentlige byggherrene går i spissen, bedrifter som Statsbygg, Sykehusbygg, Universitetsbygg og Sykehusbygg. Deres gjennomføringsmodeller blir ofte sett på som gode og benyttes som veiledere for andre. Dersom MMI blir tatt i bruk tidlig, før entreprenøren kommer inn i bildet. Vil dette sikre mye av den problemstillingen som entreprenøren opplever når de kommer inn i prosjekter i dag.

Team og individ

Det å ha et godt fungerende team i prosjekteringsgruppen er avgjørende for å få til en god implementering av MMI. Dersom ikke alle i teamet stiller seg positive og åpne for å ta i bruk MMI vil det mest sannsynlig ikke fungere. Negativitet rundt noe nytt vil ikke føre frem, og det er derfor viktig å bruke tid på å skape engasjement og positivitet, og sikre at alle ser nytten av å ta i bruk MMI. Det å også støtte prosjekteringslederen som et enkeltindivid er viktig, da det kan være tungt å stå alene i en ny situasjon hvor en ikke er helt sikker på hvordan ting bør gjøres. Dersom prosjekteringslederen er veldig usikker, vil dette smitte over på de andre i prosjekteringsgruppen og det kan føre til at MMI ikke blir brukt slik det er tiltenkt.

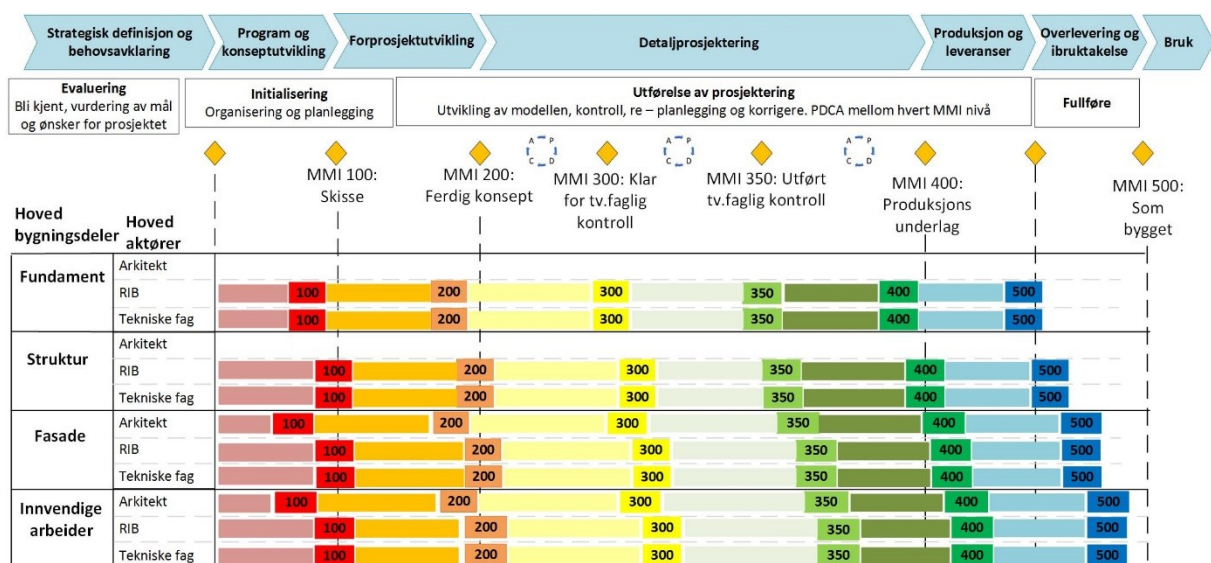
5.4 FORSLAG TIL METODE FOR Å IMPLEMENTERE MMI

Dette underkapittelet presenterer ett forslag på en metode for hvordan MMI kan implementeres i et byggeprosjekt. Denne metoden baserer seg på innhentet teori, resultat og diskusjon tidligere i oppgaven. Her er informasjon fra alle tidligere kapitler tatt med,

uavhengig av hvilket forskningsspørsmål informasjon har blitt presentert under. Dette kan derfor sees på som en oppsummering av de viktigste funnene i oppgaven og en besvarelse av oppgavens hovedformål.

5.4.1 Hovedmodell

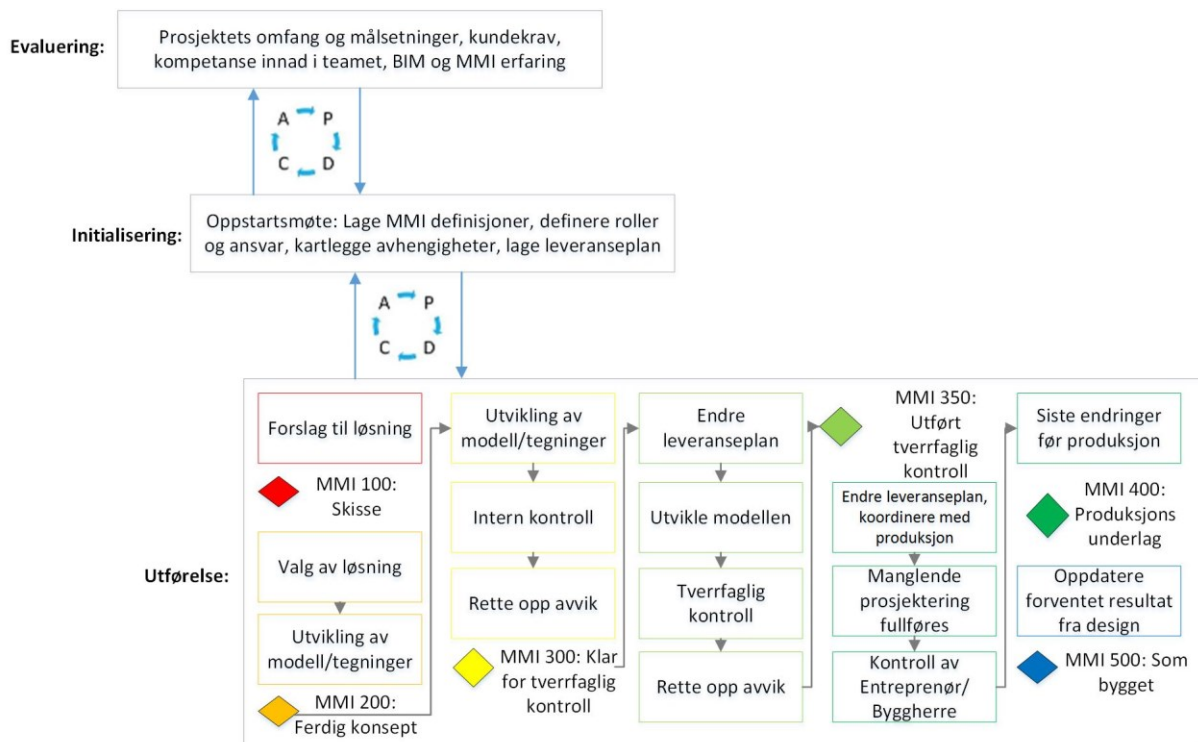
Basert på teorien rundt Neste Steg (Bygg21, 2015), Knotten (2018) sin modell for tidlig fase prosjektering, Svalestuen *et al.* (2018) sin beslutningsplan og Fløisbonn *et al.* (2018) sin lappeplan, har det blitt utarbeidet en modell som sammenstiller alle disse teoriene. Denne modellen kan sees i figur 28, og denne fungerer som et overordnet bilde på hvordan MMI kan benyttes i et prosjekt. Leveranseplanen er delt inn i hovedbygningsdeler slik som Svalestuen *et al.* (2018) gjorde i sin modell, og videre er planen på forenklet vis fordelt inn i de ulike aktørene som er med i prosjekteringsprosessen. Fra modellen kan en se hvordan de ulike aktørene utvikler sin modell utover i prosjektet. Figuren er kun laget som en illustrasjon og er derfor kun et forenklet forslag til hvordan en fremdriftsplan ved bruk av MMI kan se ut.



Figur 28: Hovedmodell for bruken av MMI.

5.4.2 Arbeidsprosessen

Figur 28 viser en overordnet oversikt over hovedelementene som inngår i bruken av MMI, figur 29 viser hvordan arbeidsprosessen ved bruk av MMI kan foregå. Denne modellen tar utgangspunkt i de tre fasene til Knotten (2018), evaluering, initialisering og utførelse. Mellom hver av disse fasene foregår det arbeid som her er knyttet opp til Demings sirkel og kontinuerlig forbedring. Hvert steg i denne arbeidsprosessen forklares mer inngående i de neste avsnittene.



Figur 29: Modellen viser hvordan arbeidsprosessen ved bruk av MMI kan se ut.

5.4.2.1 Evaluering av prosjekt

Dette steget baserer seg på første steg i rammeverket til Knotten (2018), som omhandler det å vurdere prosjektet. Resultatet fra dette steget gir en oversikt over prosjektet og over hvilke funksjoner som skal være med som input til neste steg. I figur 9 er det presentert fire elementer som må evalueres i dette steget, prosjektets mål, prosjektet i seg selv, prosjekteringsgruppen og prosjekteringslederen. Basert på dette og det som har kommet fram i resultat og diskusjon, presenteres det her et forslag på hva som bør evalueres for å danne et godt grunnlag før prosjekteringen settes i gang.

Det bør utføres en evaluering av prosjektets omfang og målsetninger, slik at prosjektets mål og rammer er klare før arbeidet med prosjekteringen setter i gang. Dette steget er også definert som viktig i rammeverket til Neste steg, og kommer fram som svært viktig i oppgavens resultat og diskusjon, blant annet for å kunne ta i bruk MMI tidlig og for å kunne unngå unødvendige endringer sent i prosjektet. I Neste steg deles informasjonsleveransene opp i fire ulike roller, eier, bruker, utøvende og offentlig. Det har i denne oppgaven blitt valgt å benytte kun eier og utøvende, men den utøvende rollen er i dette tilfelle delt opp i prosjekterende og produserende. Dette for å sette fokus på hvilke evalueringer de ulike aktørene som er involvert i prosjekteringen må utføre før prosjekteringen bør starte opp. Nedenfor følger det en oversikt med forslag til evalueringen som må utføres av de tre ulike rollene i dette steget:

Eier	Prosjekterende	Utførende
<ul style="list-style-type: none"> • Prosjektets mål og omfang: <ul style="list-style-type: none"> • Hva er det ønskelig å oppnå med prosjektet? • Hvilken verdi skal prosjektet tilføre brukeren? • Hva er målet med bruken av BIM fra byggherre? Skal BIM benyttes til FDV? • Kundekrav: <ul style="list-style-type: none"> • Hvilke spesifikke krav har kunden til endelig leveranse etter prosjekteringen? 	<ul style="list-style-type: none"> • Hvilken kompetanse har de prosjekterende rundt bruk av BIM? • Hva ønsker de prosjekterende å få ut av bruken av BIM? • Hvilke kravspesifikasjoner skal følges ved bruk av BIM? • Har gruppen nok kompetanse, ressurser og ønske om å kjøre MMI på objektnivå? 	<ul style="list-style-type: none"> • Hva ønsker de utførende å benytte BIM til? • Kun visualisering? • Mengder og innkjøp? • Kalkulasjon? • Fremdrift? • Risikovurdering? • Skal det benyttes papirtegninger eller kun modell, eller en hybrid løsning?

De målene og rammene som blir satt i dette steget, vil være utgangspunktet for videre arbeid i prosjekteringsgruppen. Eier og de utførende sitt mål med bruken av BIM bør være grunnlaget for hvor mye ressurser som legges i prosjekteringen.

5.4.2.2 Initialisering av prosjekt

Dette steget baserer seg på det andre steget i rammeverket til Knotten (2018) og her må prosjektet planlegges og prosjekteringen organiseres før prosjektet kan starte. Resultatet fra dette steget er input til hvordan utførelsen skal ledes. I dette steget må derfor prosjekteringslederen sammen med prosjekteringsgruppen gjøre det aktuelle forberedelsene for å starte opp prosjekteringsprosessen.

Det trekkes flere ganger fram at det bør kjøres en oppstartssamling eller oppstartsmøte i oppgavens resultat og diskusjon. Dette er i tråd med IPP tankegangen til Veidekke og er viktig for å forankre prosjekteringen, BIM og MMI i prosjektet. Oppstartssamlingen eller møtet kan kjøres over en dag eller deles opp i flere møter, dette avhenger av størrelsen på prosjektet og prosjekteringsgruppen. Det vil variere når denne oppstartssamlingen vil kunne utføres, ettersom at oppstarten av prosjekter og kontrahering av aktører gjøres forskjellig på alle prosjekter. Dette kan skape en ekstra utfordring, men det anbefales at det alltid kjøres en oppstartssamling slik at alle de prosjekterende jobber mot samme mål. Elementer som bør vurderes på en oppstartssamling er:

- **Arbeids – og møtestruktur:** Først må det bestemmes en arbeidsmetode og møtestruktur for prosjektet. Det anbefales å bruke IPP tankegangen til å sette opp dette, bruken av ICE og temabaserte møter er å anbefale. Denne typen møtestrukturen legger til rette for involvering og kan bidra til at alle aktørene i prosjekteringsgruppen får eierskap til prosessen.
- **Kartlegge roller og ansvar:** Før prosjekteringen kan sette i gang må roller og ansvar avklares for å kunne håndtere grensesnittene i prosjekteringen. For bruken av MMI er det også viktig å avklare hvem som har ansvar for å sette MMI – nivå på leveransene og hvem som har ansvar for å kontrollere utviklingen av modellen mellom de ulike nivåene, i tillegg til å vurdere om en aktør kan gå videre til neste nivå eller ikke.
- **Utarbeide MMI nivåer:** De prosjekterende må sammen utarbeide MMI nivåer som passer for prosjektet og de prosjekterende. Det er viktig at alle de aktørene som er med i prosjekteringsgruppen er med å definere MMI nivåene for å skape eierskap og forståelse. De ulike MMI nivåene bør tilpasses til hvert prosjekt. Forslaget fra

Fløisbonn et al. (2018) bør benyttes som et utgangspunkt for bruken av MMI i alle prosjekter.

- **Lage nedbrytingsstruktur:** De prosjekterende må diskutere hvordan prosjektet bør deles opp. Dersom det er et lite prosjekt kan en prosjekteringsleder ta denne bestemmelsen, men i et større prosjekt kan det være ideelt for å sikre en rasjonell produksjon at alle aktørene er med i denne diskusjonen.
- **Kartlegge avhengigheter og behov:** Avhengigheter og behov kan kartlegges ved bruk av lappeteknikk. Avhengighetene mellom aktivitetene blir kartlagt og det blir bedre forståelse rundt hvilken rekkefølge arbeidsoppgavene bør utføres i. Det er viktig at alle de prosjekterende deltar i denne prosessen, da det skaper eierskap og forpliktelse til å etterleve planen.
- **Planlegging av prosjekteringen:** Basert på avhengighetene og behovene som har blitt kartlagt, kan det utarbeides en fremdriftsplan. I oppgaven har det kommet fram flere typer planer, blant annet beslutningsplan, leveranseplan, hovedfremdriftsplan og en ukeplan. Det anbefales at det først lages en hovedfremdriftsplan for alle aktørene, hvor det legges inn design milepæler i form av MMI nivåer. Basert på denne planen kan det lages en ukeplan som er mer detaljert og som tar for seg flere av de mindre aktivitetene som må utføres for å kunne fullføre en produksjonstegning. Basert på hovedfremdriftsplanen er det også mulig å sette opp en beslutningsplan for kunde og bruker, for å gi dem en klar plan på når ulike beslutninger må tas for å hindre forsinkelser og endringer senere i prosjektet.

5.4.2.3 Utførelse av prosjektering

Dette steget baserer seg på Knotten (2018) sitt tredje steg, og omhandler utførelsen av prosjekteringsprosessen. Det er i dette steget at selve prosjekteringen utføres og det er viktig at prosjekteringslederen følger opp prosessen.

Det presenteres her et forslag på hvordan utførelsen av prosjekteringen kan utføres, med fokus på oppfølging av prosessen. Ved å benytte Lean tankegangen om kontinuerlig forbedring og Demings sirkel (PDCA) kan det sikres at problemer løses og at det utføres forbedringer underveis i prosessen. Basert på PDCA tankegangen starter prosjekteringen med å ha en plan, deretter utføres denne planen. Etter en bestemt tid er det nødvendig å utføre enkelte kontroller av utførelsen, og etter å ha utført kontroll må resultatet av kontrollen vurderes og eventuelle endringer i planen må utføres før utførelsen av planen kan fortsette. Den tenkte prosessen forklares mer inngående under.

Planlegge (Plan)

Den viktigste planleggingen utføres i initialiseringsfasen, hvor det lages en hovedfremdriftsplan, ukeplan og beslutningsplan. Det å benytte Last Planner systemet™ eller IPP og MMI vil gi gode planleggingsverktøy, som sikrer at de nødvendige arbeidsoppgavene, avhengigheter og grensesnitt blir kartlagt og håndtert. Det viktigste under utførelsen er re- planlegging, fokus på å re-planlegge og løse problemer som oppstår underveis, kan føre til kontinuerlig forbedring og dermed en bedre gjennomføring av prosjekteringen.

Utføre (Do)

Selve utførelsen av prosjekteringen utføres slik som er ønskelig for hver aktør. Utførelsen bør utføres i henhold til den planlagte fremdriften og design milepælene med MMI - nivå.

Utførelsen av prosjekteringen blir utføres ved bruk av arbeids – og møtestrukturen slik som det har blitt fastsatt i initialisering.

Kontrollere (Check)

Det poengteres i Neste steg at det er viktig å stoppe opp og sjekke status, før en går videre til neste fase. Det samme blir nevnt i resultatet med tanke på design milepæler og utsjekk. Derfor foreslås det at når en aktør oppnår en design milepæl (MMI – nivå), stoppes det opp og utføres en kontroll. Det bør utføres en kontroll på om de planlagte aktivitetene er utført og om kvaliteten på arbeidet er god nok til å gå videre til neste nivå. Hvordan denne kontrollen utføres er opptil prosjekteringslederen og hvordan en ønsker å gjennomføre den.

MMI nivå 300, 350 og 400 inneholder også egne kontroller, disse er definert i rammeverket til Fløisbonn *et al.* (2018). På nivå 300 skal det utføres en intern kontroll, på MMI 350 en tverrfaglig kontroll og på MMI 400 en kontroll av entreprenør eller byggherre. For å få godkjent utførelse av disse MMI nivåene, bør det foreligge dokumentasjon om at disse kontrollene er utført.

I tillegg bør fremdriften kontrolleres, dette kan gjøres på ulike metoder basert på hvordan prosjekteringsleder ønsker å utføre dette. En oversiktlig status på hvordan prosjekteringen ligger an til enhver tid er å anbefale, da dette gjør det enkelt for prosjekteringsleder å ha oversikt over fremdriften i prosjektet.

Korrigere (Act)

Etter å ha utført en kontroll er det nødvendig å evaluere resultatet. Blant annet etter å ha utført en intern kontroll eller en tverrfaglig kontroll, er det nødvendig å rette opp i feil og mangler. Først etter at dette er korrigert, kan de prosjekterende få sitt materiale godkjent for å oppnå neste MMI nivå. Dersom en prosjekteringsleder etter å ha utført en kontroll ser at prosjekteringen ikke går som den skal, kan det være nødvendig å gå tilbake til bestemmelsene fra initialiseringsfasen og evalueringsfasen, og vurdere om det er nødvendig å utføre korrigeringer.

Hele utførelses prosessen og hvordan dette er tiltenkt at skal utføres er illustrert i figur 29, som presenterer den tenkte arbeidsprosessen. I tillegg til den presenterte PDCA metoden under utførelsen, er det i figuren lagt inn en PDCA sirkel mellom hvert av de tre hoved stegene i arbeidsprosessen. Dette fordi det er viktig å vurdere utførelsen opp mot planleggingen og organiseringen som ble satt i initialisering, samtidig som det også er viktig å vurdere re - planleggingen og endringer som utføres opp mot prosjektets mål og omfang som ble satt i evalueringssteget. Dette sikrer en kontinuerlig forbedring, som sikrer at prosjektet oppnår sine satte mål til det planlagte tidspunktet.

6 OPPSUMERENDE KONKLUSJON

I dette kapitlet presenteres det en oppsummerende konklusjon for de tre forskningsspørsmålene. Konklusjonen baserer seg på det som har blitt presentert i resultatet og diskusjonen. Tilslutt følger det et underkapittel med en vurdering rundt videre arbeid med tematikken.

6.1 TILNÆRMINGER TIL BRUK AV MMI

Dette underkapitlet besvarer forskningsspørsmål 1: Hvilke tilnærminger til modenhetsstyring blir benyttet i bransjen i dag?

Det varierer mellom ulike prosjekter hvor mange MMI nivåer som benyttes. En entreprenørbedrift fokuserer på at MMI skal være verdifullt for produksjonen og benytter MMI til å kartlegge når aktiviteter skal utføres. En byggherrerepresentant fokuserer på aktivitetene, men i tillegg også på FDVU dokumentasjon som skal leveres underveis i prosessen. Alle benytter seg av en oppstartssamling eller oppstartsmøte for å definere MMI nivåer.

Alle aktørene velger å dele opp prosjektet, men det benyttes noe forskjellige fremgangsmåter. Skanska og E6 AM deler opp i soner, arbeidspakker og arbeidsoppgaver for hver enkelt aktør. Byggherrerepresentanten deler opp bygget og arbeidet som skal utføres etter bygningsdelstabellen.

Både Skanska og byggherrerepresentanten benytter lappeplan for å planlegge prosjekteringen, men de utfører dette på ulik måte. Skanska benytter lappeplanen til å planlegge fremdrift, mens byggherrerepresentanten deler lappeplanen opp etter bygningsdelstabellen og benytter den til å kartlegge avhengigheter og behov. Byggherrerepresentanten benytter de kartlagte avhengighetene og behovene til å utarbeide en fremdriftsplan. E6 AM benytter produksjonen MMI til å planlegge sin produksjon, basert på når leveransene til prosjektering er klare til å benyttes som produksjonsunderlag.

Skanska utfører kontroll av oppnådd MMI nivå ved bruk av et kontrollskjema som de prosjekterende leverer til prosjekteringsleder eller BIM – koordinator som blir signert på dersom arbeidet godkjennes. Fremdriften i Skanska kontrolleres opp mot de planlagte datoene i fremdriftsplanen. På E6 AM benytter de et leveransesystem hvor alle filer leveres inn i et webhotell med markering av MMI nivå og annen relevant informasjon. Fra webhotellet trekkes informasjon om leveranser ut og analyseres ved bruk av programmet Power BI. Byggherrerepresentanten benytter registrering i excel, og logger alle aktiviteter som utføres på hvert MMI nivå.

Veidekke har benyttet en forenklet bruk av MMI på objektnivå, ved å markere MMI 100 «ikke ferdig» og MMI 500 «ferdig» på armeringsjern objektene i Solibri. De benytter automatiske kontroller basert på standard regler. På E6 AM markerte de en hel sone med et MMI nivå, og elementer som ikke innehar det spesifiserte nivået ble markert i modellen og det ble kommentert ved innlevering av modellen.

6.2 ERFARINGER MED BRUK AV MMI

Dette underkapitlet besvarer forskningsspørsmål 2: Hvilke erfaringer har aktørene i bransjen tilegnet seg ved bruk dagens tilnærming til modenhetsstyring?

Det har blitt erfart at MMI har størst bruksverdi fra MMI 100 til 400, dette fordi rammeverket er laget med fokus på et behov i detaljprosjekteringen. Muligheten MMI gir til å kartlegge hvilke arbeidsoppgaver som skal utføres og i tillegg det å kunne vurdere hvorfor arbeidsoppgavene skal utføres på akkurat det spesifikke MMI nivået, oppleves som en av de viktigste elementene ved bruk av MMI. Det argumenteres for at det er på grunn av dette elementet at MMI er et godt kommunikasjonsverktøy.

Intervjuobjekter har opplevd at det å dele opp prosjekter i mindre soner gjør prosjektet mer håndterlig, og gjør det lettere å fokusere på riktig sone under prosjektering. Det har også blitt erfart at det er svært viktig å dele opp leveransene til rådgiverne, dette gjøres ved bruk av arbeidspakker. Det har også blitt erfart at modellfilene kan bli så store, derfor kan det være en fordel å dele opp filene etter sonene, dette gjør det mulig å håndtere modellen med dagens verktøy.

Prosjekteringsledere har opplevd at MMI gjør det enklere å holde kontroll på prosjektet. Det har blitt erfart at MMI gjør det lettere å planlegge prosjekteringen og at MMI gir et språk for å kommunisere forventninger. Bruken av MMI har også blitt erfart som nyttig for å planlegge prosjekteringen i prosjekter hvor BIM ikke benyttes i utbredt grad. Det har også blitt erfart at MMI kan benyttes til å planlegge når kunde og bruker må ta beslutninger, da dette kan knyttes opp mot MMI definisjonene. MMI har også blitt testet ut som et verktøy for risikohåndtering, da MMI gjør det mulig for de utførende å vurdere risikoen for endringer dersom de utfører en aktivitet før produksjonsunderlaget har oppnådd MMI 400.

Det har blitt erfart at det mangler strukturerte kontroller for MMI 0 til MMI 200, det er også erfart at disse er vanskelige å kontrollere grunnet store usikkerheter. Det har blitt erfart en feilkilde ved at fremdrift rapporteres feil. Det oppleves at det er vanskelig å spore hvorfor endringer skjer, men ved bruk av MMI har det blitt erfart at endringer har en sammenheng med prosessens struktur. Skanska har erfart at det ikke er lett å unngå endringer etter MMI 300 i de første prosjektene MMI benyttes, men når prosjekteringsleder har tilegnet seg mer erfaringer stemmer etter hvert planlagt fremdrift med faktisk planlagt fremdrift. Det har blitt erfart at MMI systemet gir en forbedret løsning som gir god kontroll over kvaliteten på tegninger, i forhold til de tradisjonelle revisjonsnumrene som ikke sier noe om modenheten.

Det har litt opplevd at det å ta i bruk MMI på objektnivå er krevende, da dette krever mye tid og ressurser av de prosjekterende. I tillegg argumenteres det for at bruken av MMI på objektnivå vil gjøre det vanskelig å se helhetsbildet, fordi de prosjekterende blir for opphengt i detaljer. En utfordring som trekkes fram for å ta i bruk MMI på objektnivå er arbeidstegninger, dette fordi hovedfokuset til de prosjekterende er å utarbeide arbeidstegninger og ikke å utvikle modellen. Det poengteres at det i fremtiden vil være behov for færre tegninger, og mer bruk av modell. Færre tegninger vil gi de prosjekterende mer tid til å arbeide med modellen, og dermed også en større nytteverdi av å legge inn mer informasjon i modellen. En annen utfordring med MMI på objektnivå er det faktum at enkelte objekter går over flere soner, og det blir sett på som en utfordring å sette et MMI nivå på et slikt system.

6.3 IMPLEMENTERING AV MMI I PROSJEKT

Dette underkapittelet besvarer forskningsspørsmål 3: Hvordan kan modenhetsstyring implementeres i et byggeprosjekt?

Det er enighet om at det er MMI rammeverket til Fløisbonn *et al.* (2018) skal benyttes fremover. Det er ikke MMI nivåene i seg selv som er viktigst, men prosessen for å komme frem til de ulike MMI nivåene. MMI nivåene bør variere mellom prosjekter, og spesifiseres for hvert enkelt prosjekt. Det er viktig at prosjektet har en diskusjon rundt hvilken betydning MMI skal ha for prosjektet. MMI nivåene bør utarbeides i en oppstartsprosess, hvor alle de prosjekterende aktørene er med på å definere MMI nivåene.

Prosjekter må deles opp, ettersom at byggeprosjekter stadig blir større og mer kompliserte. Entreprenører mener at oppdelingen bør gjøres sammen med produksjonen, slik at oppdelingen benyttes på hele prosjektet og at det blir sammenheng mellom fremdriften til prosjektering og produksjon. Det anbefales å tenke «område og system», og at det må brukes god tid på å utarbeide en god oppdeling. En slik prosess bør utføres i oppstarten av prosjektet, og rådgiverne bør involveres i prosessen. Det kan være nyttig at det utarbeides veiledende føringer for hvordan ulike bygningstyper bør deles opp, da dette kan spare prosjekteringsleder for mye tid i oppstarten.

For å ta i bruk MMI påpekes det at det er viktig å starte implementeringen tidlig, og at alle aktørene skal inkluderes i prosessen. Det er nødvendig for en prosjekteringsleder som tar i bruk MMI for første gang å ha rom for å prøve seg fram. Prosessen bør starte med å kartlegge hva prosjektet vil benytte MMI til og hva bruken av MMI skal løse. Alle de prosjekterende aktørene må være samlet og enige rundt bruken av MMI. Lean tankegangen bør benyttes for å planlegge prosjekteringen, dvs benytte en hovedfremdriftsplan og en 2 ukers plan eller ukeplan. MMI bør knyttes opp mot fremdriftsplanen til prosjekteringen, fordi dette gjør det mer oversiktlig for produksjonen når produksjonsunderlaget er klart og fordi dette gjør det mulig å ta høyde for avhengigheter og behov mellom de prosjekterende. De prosjekterende må selv definere når de skal oppnå de ulike MMI nivåene, men prosjekteringslederen bør styre deres planlegging med tanke på hovedfremdriftsplanen. Det bør settes opp design milepæler i fremdriftsplanene som representerer de ulike MMI nivåene. I tillegg bør det også etableres en «freeze lock» etter at et MMI nivå har blitt oppnådd, da er det ikke lov å gå tilbake til forrige nivå og dermed må alt planlagt arbeid være fullført.

Det foreslås at fremdriften bør kontrolleres ved en utsjekk ved hver design milepæl. Utsjekken kan utføres ved bruk av et regneark, skjema eller et digitalt dokument. Det er nødvendig å utføre målinger underveis i prosjekteringen, for å kontrollere utviklingen av modellen og kartlegge hvilke arbeidsoppgaver som gjenstår. Dersom de prosjekterende ligger bak planen, er det nødvendig å replanlegge fremdriften. Det kan benyttes kontroller i Solibri dersom MMI benyttes på objektnivå. I Solibri er det mulig å kjøre automatiske kontroller, basert på standardiserte regler. Dette kan gi mer strukturerte kollisjonskontroller, ved at kun de objektene med rett MMI nivå kontrolleres.

Det kan være en fordel å legge inn en visuell markering av modenheten i BIM, på denne måten vet de produserende hvor langt de ulike delene av modellen er utviklet og dermed også hva de kan benytte modellen til.

Bruken av MMI på objektnivå kan det være en fordel å legge til rette for i anskaffelsesprosessen, ved å legge inn at MMI skal benyttes på objektnivå i kontrakten til rådgiverne. Dette vil da være kostnadsdrivende, men må bli sett i sammenheng med å redusere tegningsproduksjonen. Typen kontrakt en rådgiver er kontrahert med påvirker arbeidet deres, og ved bruk av MMI på objektnivå må derfor type kontrakt vurderes med tanke på hva som forventes av rådgiverne. Entreprenører erfarer ofte å komme for sent inn i prosjekter, og at de da ofte ikke får et godt nok skisseunderlag til å fortsette mot

detaljprosjektering. Det argumenteres for at bruken av MMI kan løse denne problemstillingen, dersom alle aktører benytter seg av MMI. Det er viktig med et godt og motivert team for å kunne klare og ta i bruk MMI i et prosjekt. Prosjekteringslederen trenger også støtte fra lenger opp i bedriften. Det er også viktig med riktig kunnskapsnivå hos PPA teamet for å benytte MMI og BIM på en god måte.

Hvordan implementere MMI i et byggeprosjekt?:

Først bør det utføres en evaluering av prosjektet. Her bør prosjektets omfang og målsetninger, kundekrav, kompetanse innad i teamet, BIM og MMI erfaring vurderes. I dette steget er det i hovedsak eier, utførende og prosjekterende som er nødt til å gjøre gode vurderinger for prosjektet.

Deretter bør det utføres en initialisering, en klargjøring for å starte opp prosjektet. Det bør da utføres et oppstartsmøte hvor alle de prosjekterende aktørene deltar aktivt. Under følger en liste over elementer som må diskuteres under og etter et oppstartsmøte:

- Arbeids – og møtestruktur
- Kartlegge roller og ansvar
- Utarbeide MMI nivåer
- Lage nedbrytingsstruktur
- Kartlegge avhengigheter og behov
- Lage beslutningsplan og leveranseplan
- Lage hovedfremdriftsplan og 2 ukers plan /ukesplan

Etter å ha kartlagt alle disse er det på tide å starte utførelsen av prosjekteringen. Utførelsen av prosjekteringen kan gjøres ved bruk av PDCA tankegangen, hvor arbeidet først planlegges, deretter utføres, så kontrolleres arbeidet og deretter utføres det korrigeringer. Denne prosessen fortsetter helt til prosjektets slutt. Det er også nødvendig å utføre kontroll opp mot evalueringen og initialisering, blant annet for å kontrollere at prosjektet oppnår de satte målene og for å replanlegge fremdriften til prosjektet.

6.4 VIDERE ARBEID

Det å utvikle rammeverket for MMI nivåene frem til 200 er en utfordring grunnet store usikkerheter, få retningslinjer og mange utenom foreliggende aktiviteter. I tillegg er alle prosjekter unike, og dermed er det stor variasjon rundt hvordan oppstarten av et prosjekt foregår. Det kan derfor være vanskelig å lage et konkret rammeverk som sier akkurat hvordan denne prosessen skal struktureres. Bransjen vil derimot kunne dra en fordel av å til en viss grad strukturere opp dette. Derfor bør videre arbeid baserer seg på hvordan MMI i best mulig grad kan benyttes i fasene fra 0 til MMI 200.

Videre er problemstillingen med hvordan MMI kan tas i bruk i BIM for å sikre at all informasjon går gjennom BIM et interessant tema. Bruken av MMI som planleggingsverktøy er nyttig i seg selv, men for å sikre en mer effektiv bruk av BIM vil det å legge inn modenheten i modellen være essensiell. Det kommer frem flere utfordringer rundt dette, blant annet at det er veldig mange objekter i en modell og det at en slik arbeidsmetode krever mye datakraft. For å finne ut hvordan MMI best mulig kan benyttes i BIM, bør MMI på objekt nivå tas i bruk på et prosjekt med høy BIM kompetanse. Det er avgjørende at arkitekt og rådgivere er med fra starten av, og det er muligens nødvendig å kontraktsfeste arbeidsmetodikken. Det kan være en fordel å utføre dette de første gangene på en design – to – build kontrakt. Hvor entreprenørene er byggherre selv, og på denne måten får sikret at metodikken blir tatt i bruk fra start. Eventuelt kan en

byggherrerepresentant som er inne helt fra start i prosjektet også ta i bruk MMI på en slik måte. De to viktigste elementene for å teste ut bruken av MMI på objektnivå er å starte tidlig, og at alle de prosjekterende må ha høy BIM kompetanse og i tillegg bør prosjektet ha en egen BIM koordinator/rådgiver.

For bransjen sin del er det viktigste å ta i bruk MMI. Kunnskapen rundt verktøyet må økes, og verdien av å benytte metodikken må bli oppdaget av flere. Ved at flere får erfaring med bruken og starter å benytte MMI som standard for å planlegge prosjekteringen i prosjekter. Dette kan føre til generelt bedre kommunikasjon, informasjonsflyt og produktivitet i prosjekteringen. Noe som igjen kan påvirke produksjonen positivt og føre til en mer effektiv byggebransje.

7 REFERANSELISTE

- Abou-Ibrahim, H. og Hamzeh, F. (2016) Enabling lean design management: An LOD based framework, *Lean Construction Journal*, 2016, s. 12-24. Tilgjengelig fra: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85006070949&partnerID=40&md5=6a0ab297532029c80f87af734df08cfe>.
- Abou-Ibrahim, H. og Hamzeh, F. (2017) Design Management: Metrics and Visual Tools, i *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Heraklion, Greece, 2017/07/09*. Heraklion, Greece, s. 465-473.
- Arksey, H. og O'Malley, L. (2005) Scoping studies: Towards a methodological framework, *International Journal of Social Research Methodology: Theory and Practice*, 8(1), s. 19-32. doi: 10.1080/1364557032000119616.
- Ballard, G. og Koskela, L. (1998) On the agenda of design management research, i *Proceedings IGLC 1998, Guarujá, Brasil*.
- Ballard, G. (2000a) *Positive vs negative iteration in design*.
- Ballard, G. (2000b) *The last planner system of production control*, The University of Birmingham.
- Bell, B. S. og Kozlowski, S. W. J. (2002) A typology of virtual teams: Implications for effective leadership, *Group and Organization Management*, 27(1), s. 14-49. doi: 10.1177/1059601102027001003.
- Berntsen, K. H. (2015) Kontinuerlig forbedring på pukkverkene, i *MainTech Konferansen, Trondheim*.
- BIMForum (2018) *Level of Development (LOD) Specification Part 1 and Commentary*.
- Borrmann, A. et al. (2014) Synchronous collaborative tunnel design based on consistency-preserving multi-scale models, *Advanced Engineering Informatics*, 28(4), s. 499-517. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2014.07.005>.
- Busch, T. (2013) *Akademisk skriving. For bachelor - og masterstudenter*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Bygg21 (2015) *Veileder for fasenormen "Neste Steg" - Et felles rammeverk for norske byggeprosesser*. .
- Bølviken, T., Gullbrekken, B. og Nyseth, K. (2010) Collaborative design management, i *Challenging Lean Construction Thinking: What Do We Think and What Do We Know? - 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 18*. s. 103-112.
- Bølviken, T. (2012) On the categorization of production: The organization - Product matrix, i *IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Chen, P.-H. et al. (2005) Implementation of IFC-based web server for collaborative building design between architects and structural engineers, *Automation in Construction*, 14(1), s. 115-128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.08.013>.
- Corbin, J. M. og Strauss, A. L. (2008) *Basics of qualitative research: techniques and procedures for developing grounded theory*. Thousand Oaks, California: Sage.

- Dalland, O. (2018) *Metode og oppgaveskriving*. 6. utg. Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Eikeland, P. T. (2001) *Teoretisk analyse av byggeprosesser*. Oslo.
- El Reifi, M. H., Emmitt, S. og Ruikar, K. (2013) Developing a conceptual lean briefing process model for lean design management, i *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013*. s. 325-334.
- El. Reifi, M. H. og Emmitt, S. (2013) Perceptions of lean design management, *Architectural Engineering and Design Management*, 9(3), s. 195-208. doi: 10.1080/17452007.2013.802979.
- Emmitt, S., Sander, D. og Christoffersen, A. K. (2004) Implementing value through lean design management, i *IGLC, København*.
- Flumerfelt, S. og Kahlen, F.-J. (2015) *Lean Engineering Education*. Momentum Press.
- Fløisbonn, H. W. et al. (2018) *MMI - Modell Modenhets Indeks*. Tilgjengelig fra: <http://eba.no/globalassets/dokumenter/mmi-utvalget/mmi-modell-modenhets-indeks.pdf> (Hentet: 14.11 2018).
- Fosse, R. og Ballard, G. (2016) Lean design management in practice with the last planner system, i *IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. s. 33-42.
- Fosse, R., Ballard, G. og Fischer, M. (2017) Virtual design and construction: Aligning BIM and lean in practice, i *IGLC 2017 - Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. s. 499-506.
- Garcia, G. et al. (2018) Model maturity risk index framework for tracking progress in model-based engineering, i *Construction Research Congress 2018: Construction Project Management - Selected Papers from the Construction Research Congress 2018*. s. 42-52.
- Glaser, B. G. og Strauss, L. A. (1967) *The Discovery Of Grounded Theory: Strategies For Qualitative Research*.
- Gray, C. og Hughes, W. (2001) *Building design management*. Oxford: Butterworth - Heinemann.
- Hamzeh, F. R., Ballard, G. og Tommelein, I. D. (2009) Is the Last Planner System applicable to design? A case study, i *17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC17, July 13, 2009 - July 19, 2009, Taipei, Taiwan*. National Pingtung University of Science and Technology, s. 165-176.
- Hansen, G. K. og Olsson, N. O. E. (2011) Layered Project-Layered Process: Lean Thinking and Flexible Solutions, *Architectural Engineering and Design Management*, 7(2), s. 70-84. doi: 10.1080/17452007.2011.582331.
- Hooper, M. (2015) Automated model progression scheduling using level of development, *Construction Innovation*, 15(4), s. 428-448. doi: 10.1108/CI-09-2014-0048.
- Knotten, V. et al. (2015) Design Management in the Building Process - A Review of Current Literature, *Procedia Economics and Finance*, 21, s. 120-127. doi: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00158-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00158-6).
- Knotten, V., Klakegg, O. og Hosseini, A. (2016) "Next Step": A New Systematic Approach to Plan and Execute AEC Projects.

- Knotten, V. og Svalestuen, F. (2016) Veidekke: Collaborative planning in design, i S.Emmet (red.) *Design Management*. New York: Routledge, s. 133-147.
- Knotten, V. et al. (2017a) Learning across disciplines - Use of the Constant Comparative Method, i *Proceedings of the 9th Nordic Conference on Construction Economics and Organizations*. s. 273-284.
- Knotten, V. et al. (2017b) *Involverende planlegging prosjektering*.
- Knotten, V. (2018) *Building design management in the early stages*, NTNU.
- Kunz, J. og Fischer, M. (2012) *WP097: Virtual Design and Construction: Themes, Case Studies and Implementation Suggestions*. Tilgjengelig fra: <http://purl.stanford.edu/gg301vb3551>.
- Kvale, S. og Brinkmann, S. (2009) *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Langlo, J. og Andersen, B. (2016) *Productivity and performance measurement in the construction sector*. Upublisert paper presentert på Proceedings of the CIB World Building Building Congress 2016. Tampere, Finland.
- Meland, Ø. M. (2000) *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen*, NTNU. Tilgjengelig fra: https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/231254/125503_FULLTEXT01.pdf?sequence=1.
- Munthe-Kaas, T. S. et al. (2015) Lean design versus traditional design approach, i *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2015, July 28, 2015 - July 31, 2015, Perth, WA, Australia*. The International Group for Lean Construction, s. 578-588.
- Nøklebye, A. (2018) *Enabling Lean Design with Management of Model Maturity*, NTNU.
- Nøklebye, A. et al. (2018) Enabling lean design with management of model maturity, i *IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers*. s. 79-89.
- Olsson, H. og Sörensen, S. (2003) *Forskningsprosessen. Kvalitative og kvantitative perspektiver*. 1. utg. Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Postholm, M. B. og Jacobsen, D. I. (2011) *Læreren med forskerblikk: Innføring i vitenskapelig metode for lærerstudenter*. Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Sacks, R. et al. (2010a) Interaction of lean and building information modeling in construction, *Journal of construction engineering management*, 136(9), s. 968-980.
- Sacks, R., Radosavljevic, M. og Barak, R. (2010b) Requirements for building information modeling 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. (2008) *Prosjekt i tidlig fasen: valg av konsept* Trondheim: Tapir akademisk forlag.
- Saunders, M. N. K., Lewis, P. og Thornhill, A. (2009) *Research methods for business students*. 5. utg. Essex: Pearson Education.

Sunnevåg, K. J. (2007) *Beslutninger på svakt informasjonsgrunnlag - Tilnærminger og utfordringer i prosjekters tidlige fase*. (Concept 17). Trondheim: NTNU. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010703/Concept%2017%20Svakt%20informasjonsgrunnlag.pdf> (Hentet: 24.10.2018).

Svalestuen, F. *et al.* (2018) *Planning the Building Design Process According to Level of Development*.

Tauriainen, M. *et al.* (2016) The Effects of BIM and Lean Construction on Design Management Practices, *Procedia Engineering*, 164, s. 567-574. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.659>.

Thompson, J. D. (1967) *Organizations in action: Social science basis of administrative theory*. New York: NY: McGraw - Hill.

Uusitalo, P. *et al.* (2017) Review of Lean Design Management: Processes, methods and technologies, i *IGLC 2017 - Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. s. 571-578.

Westergaard, H., Arge, K. og Moe, K. (2009) *Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse*. (Byggekostnadsprogrammet).

Wohlin, C. (2014) Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering, i *ACM International Conference Proceeding Series*.

Yin, R. K. (2014) *Case Study Research*

Design and Methods. 5. utg. USA: SAGE Publications.

8 VEDLEGG

Vedlegg 1: Publisert forskningsartikkel

Vedlegg 2: Intervjuguide

Vedlegg 3: MMI – nivåene definert av Fløisbonn *et al.* (2018)

Vedlegg 1: Publisert forskningsartikkel i IGLC
27th konferanse

Styrvold, M., Knotten, V., and Lædre, O. (2019). "Planning the BIM process in AEC projects." In: *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Pasquire C. and Hamzeh F.R. (ed.), Dublin, Ireland, pp. xx–xx. DOI: <https://doi.org/10.24928/2019/208>. Available at: <www.iglc.net>.

PLANNING THE BIM PROCESS IN AEC PROJECTS

Marie Styrvold¹, Vegard Knotten², and Ola Lædre³

ABSTRACT

The architectural, engineering and construction industry (AEC Industry) needs to focus on the early design phases. The use of Lean Design Management and Building Information Model (BIM) can be used together for reducing uncertainty and improve communication. BIM requires new working methods, and the use of Level of Development (LoD) or model maturity is proposed as a key element to align the challenges in the design phase and to generate an enhanced design process.

This paper addresses these challenges and aim to answer three research questions. RQ1: What approaches to model maturity are used or attempted in the Norwegian AEC industry? RQ2: What experiences do the actors of the AEC industry have towards the use of model maturity? RQ3: How can model maturity be implemented in an AEC project?

The research method is based on a literature study and a study based on semi-structured interviews. This paper presents an analysis of the interviewees regarding the experiences the industry has with the use of model maturity. There is proposed a framework based on the results, about how to implement model maturity in construction projects. The framework is generic and can be adapted to different construction projects independent of contract form.

KEYWORDS

BIM, Model Maturity, Design management, Lean Design, Collaborative planning

INTRODUCTION

Research has highlighted the importance of the early design phase to reduce uncertainty, improve quality and consequently the overall performance in construction projects (El Reifi et al. 2013). The design process is important for creating successful construction projects (Bølviken et al. 2010).

¹ MSc Student, Department of civil and environmental engineering, The Norwegian University of Science and Technology (NTNU), 7491 Trondheim, Norway, Mobile +4748126153, marie.styrvold@gmail.com

² Associate professor II, PhD, Department of Architecture and Planning, NTNU. Head of BIM and Design management development (Veidekke), vegard.knotten@veidekke.no

³ Professor, dr. ing, Department of civil and environmental engineering, The Norwegian University of Science and Technology (NTNU), ola.laedre@ntnu.no

Many contractors have successfully implemented Lean Construction for reducing waste in the production phase to improve productivity (Emmitt et al. 2004). This opens for using Lean Design Management in the early design phases (El. Reifi and Emmitt 2013). There is proven to be synergy effects between the use of Lean and BIM (Sacks et al. 2010a). The increased use of Building Information Model (BIM) requires a different design management strategy than a traditional 2D – CAD process (Abou-Ibrahim and Hamzeh 2017). Level of Development (LoD) was created for facilitating the use of BIM as a work process, to formalize the development of BIM models and authorize their possible uses (BIMForum 2018). The expected benefits of using LoD are improved productivity and efficiency in communication – and enhanced development of the model (Hooper 2015).

Due to the current usage of the LoD concept, many researchers and practitioners have raised several concerns about the LoD concept, due to how it is currently understood and used (Abou-Ibrahim and Hamzeh 2016). The Norwegian AEC Industry have made their own LoD framework, called Model Maturity Index (MMI). This framework aims to reduce the uncertainty around LoD and focus on improving the design processes (Fløisbonn et al. 2018). This framework is created as a collaborative effort between architects, consultants and contractors, and is supposed to be an agreed framework for all actors in the AEC Industry.

Achievements of the mentioned benefits could lead to an improved design process through improved utilization of BIM, and thus increased productivity. The literature points out the advantages of using BIM together with LoD. However, the planning of BIM process in the AEC industry with the use of LoD and Lean needs more attention. Therefore, this study will investigate the following research questions:

- **RQ1:** What approaches to model maturity are used or attempted in the Norwegian AEC industry?
- **RQ2:** What experiences do the actors of the AEC industry have towards the use of model maturity?
- **RQ3:** How can model maturity be implemented in an AEC project?

METHODICAL APPROACH

This study is divided into two parts, a literature study and qualitative study. The literature study aims to answer RQ1. RQ2 and RQ3 is answered by using the findings from the qualitative study supported with theory from the literature study.

The literature study was conducted by performing a scoping study, based on five steps made by Arksey and O'Malley (2005). Step 1 was to identify the research questions as presented in the introduction. Step 2 was to identify relevant studies. This was performed through systematic searches in digital databases. There was used different search words and combinations, that had relevance for the research questions. This search results were narrowed down by sorting out articles that wasn't based on the AEC Industry practice. In step 3 the remaining literature was evaluated, the evaluation was based on criteria regarding credibility, objectivity, accuracy and relevance of the article's topic. Furthermore, the remaining articles after the evaluation was used for performing snowballing. Snowballing uses the relevant literature to find more literature, by using the reference list in the article

and by identify which articles that has used the article as a reference (Wohlin 2014). Articles that were found through snowballing was evaluated the same way as articles found in the scoping study. The next steps were charting the data, collecting, summarizing and reporting the results.

The qualitative study is based on eight performed semi structured in – depth interviews. The interviewees were chosen based on their experience with the use of BIM and LoD. Seven of the interviewees are employed at different constructors. Respectively the interviewees are three BIM managers, three design managers, one VDC responsible, and one production – and process manager. The last interview object is positioned at a consultant and is a design manager at a project where MMI was implemented. The interviews where recorded, transcribed and analysed. To ensure the rigor of qualitative analysis, the data was analysed by using an constant comparative method (CCM) (Corbin and Strauss 2008; Knotten et al. 2017).

THEORETICAL BACKGROUND

The theoretical background consists of two parts. The first part is about Lean Design management and how to plan the design process. The second part is about the use of model maturity, how it differs from LoD thinking, and how it is used in the Norwegian AEC Industry, answering RQ1.

LEAN DESIGN MANAGEMENT

There are numerous challenges that must be solved in the construction phase, primarily result of an ineffective communication and poor decision-making in the design phase. This results in some degree of uncertainty in the production phase, and this gives the production team little option but to confront the problem Therefore, Lean philosophy, with its focus on minimizing waste and maximizing value, should be applied as early as possible in the design phases to avoid this problem (Emmitt et al. 2004). Based on a literature review El. Reifi and Emmitt (2013) found that it appears to be four themes related to the reduction of waste and the enhancement of value in Lean design management:

- Briefing and client interaction
- Value and value stream mapping
- Lean culture and assembling the team
- Information flow

To ensure improved project quality, enhanced client relations, and savings in time and cost, it is important that requirements are clearly identified, and information must be well managed through the design process. This will lead to a significant improvement in the decision making (El Reifi et al. 2013). The use of BIM together with Lean Design Management can help the design manager ensure these elements. By using BIM, the content of design work can be visualized in a better way. BIM can improve value adding tasks by reducing the number of design cycles and design errors, which leads to faster,

smoother and a more economic process. Further this leads to an increased value realization for the customer (Arayici et al. 2011).

The benefits of using BIM are important to quantify, but it is equally important to identify what to include in BIM to achieve the expected value added by using BIM in a construction project (Leite et al. 2011). Due to, increased use of BIM in the construction industry, certain companies have found communication challenging trying to understand the maturity and reliability across disciplines and companies (Garcia et al. 2018). Tauriainen et al. (2016) recommended specifying the instructions and ways of action which are related to BIM in the beginning of the project and suggests that this is done by using LoD.

To improve the planning in design, Svalestuen et al. (2018) proposed three elements that could help the design manager to success: (1) Increased focus on the schedule during the design process, (2) BIM should be used collaboratively as a communication and development tool, and (3) LoD should be used in the planning process. Concluding, Svalestuen et al. (2018) purposed that the AEC industry should use Collaborative Planning in Design (CPD) and adapt the LoD definition to the context of each project. By using LoD as a planning tool, it could be easier to avoid unnecessary iterations, due to the complex tasks and the dependencies in the early phases of the design (Hamzeh et al. 2009).

Knotten (2018) argued for making a design management strategy and separated the design management process into three stages; an assessment-, initialization- and execution stage. In the assessment stage the design manager assesses the project, its objectives, the available resources and perform a self-evaluation. It is important to evaluate the projects purpose and goal in this stage. The initialization stage consists of planning and organizing the project goals, based on the previous assessment. In this stage it is important to address milestones, decision points and necessary output. The execution stage is about performing what's decided in the two earlier stages. In this stage there must be performed an evaluation of the design management process to see if it is developing as expected. If not, steps need to be taken to re-plan and re-organize in order to achieve the project goals.

MODEL MATURITY

The demand for a metric capable to assess the quality and reliability of the engineering models, has made different markets and regions to create their own guidelines to measure the model maturity (Garcia et al. 2018). Today several metrics are known, such as Level of Model Information (LOI), Level of Detail (LoDt), Level of Development (LoD) and now also Model Maturity Index (MMI). LoD has been criticized for being too advanced and complicated (Nøklebye et al. 2018). This is because LoD only reflects the modelling requirements of an individual object (Abou-Ibrahim and Hamzeh 2017) and therefore it doesn't measure the accuracy of graphical information (Garcia et al. 2018). The big variations in definitions and concepts regarding LoD indicates that the purpose of LoD is not fulfilled (Hooper 2015), and that there is a need for a standardized set of modelling definitions capable to streamline the communication process.

Therefore, the Norwegian AEC industry has created guidelines for how to use MMI as a planning tool for the design process. The MMI is supposed to be a common starting point

for the use of model maturity in Norway and the main idea behind the MMI process can be seen in figure 1 (Fløisbonn et al. 2018).

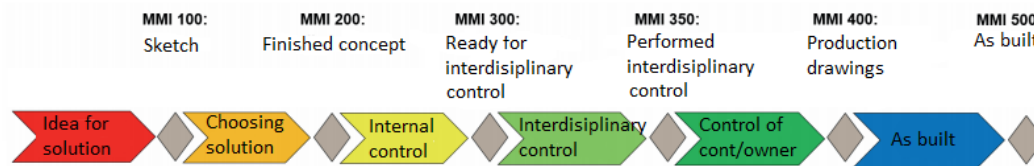


Figure 1: Flow sheet made by Fløisbonn et al. (2018) that should work as a base for a design process using MMI in a Norwegian building project

Today, it is only the contractor Skanska that has taken MMI into use as a business strategy in Norway. Several Lean construction elements are implemented in their approach, such as the combination of Last Planner, BIM and ICE sessions (Fosse et al. 2017). The last element included in their VDC approach is MMI guidelines (Nøklebye et al. 2018).

The approach of using Skanska Norway’s MMI strategy in design is: (1) Separate the model into different sections, (2) assign maturity to all geometry, managed by each discipline within each section, (3) coordinate the design team in ICE – sessions utilizing Last Planner for planning and control, (4) create milestones for different sections achieving MMI, and (5) illustrate the achieved MMI milestones by post – it – notes in Last Planner (Nøklebye et al. 2018).

Additionally, metrics for Last Planner (PPC, root cause trends, task completion rate, reliability per trade), BIM clash trends per area according to the MMI plan and ICE session evaluations (session efficiency, team preparations and involvements) is being continuously tracked and visualized on the wall in the Big Room, ensuring transparency and control of the project teams performance (Fosse et al. 2017).

FINDINGS

The findings section is based on the answers from the eight performed interviews of AEC professionals. The first part deals with the findings regarding which experiences the interviewees have made from using MMI, and this parts answers RQ2. The last part is dealing with what the interviewees thinks about the implementation of MMI in a construction project. This part together with the discussion answers RQ3.

EXPERIENCES

The interviewees have several positive experiences regarding the use of MMI. The design managers have experienced improved communication between actors in the design process. MMI offers a common language to communicate expectations, dependencies, interfaces and a way to plan the design process. MMI enhances the expectations for the timing for decision making and this makes it easier to understand when the last responsible moment is, for both the client, user, designer and producer.

According to the interviewees, the design team experienced an increase in interdisciplinary communication by using MMI. This makes it easier to create a delivery plan for the design process. A more specific delivery plan for the design team, gives a more

structured process which prevent unnecessary iterations to appear. Interviewees from the contractor points out, that a more structured design process makes it easier to coordinate with the production team. The effect of this is that the production drawings are finished at the right time, the BIM can therefore be in front of the production and can be used to do calculations and procurement in the production without the production team being uncertain about the reliability of the model.

One interviewee also tried using MMI for performing risk management. By giving the production manager a way to know exactly what's going to change in the model or drawing from one MMI level to the next. This makes it possible to evaluate the risk of performing a task before the production drawings have reached MMI 400.

Some of the interviewed design managers, experienced several challenges when they have started using MMI. First the design managers point out that there is a challenge to know at what MMI level the BIM and drawings are at, when they get the design material after the contract is signed. Because of this, in some project the design manager from the contractor must start the design from scratch and in other projects the design manager uses the delivered material, however uncertainty of the maturity and reliability in the previous BIM. The interviewees point out that this could be improved if all the actors in the AEC Industry used MMI on regular basis.

The last challenge that is pointed out, is the use of MMI on an object level, such as in LoD. The interviewed VDC responsible said that if MMI should be implemented on object level in BIM for each object, this will take so much time that it must be specified in the contract with the designers. Other interviewees also argued for the implementation of MMI at object level will not bring any value to the design process, only extra work.

IMPLEMENTING MODEL MATURITY INDEX

Start – up

The importance of a start-up meeting was mentioned by the interviewees as a first step to implement MMI, and they pointed out that the main actors in the design team should be represented. The agenda for the start-up meeting should according to the interviewees be first to create a strategy for the project, defining the project goal and who holds the different roles in the project. Then define the BIM – Use strategy. To set this goal is important to know the design team and their BIM skills. The design manager must evaluate which BIM competence there is in the project. Further, the experience and knowledge about MMI must be evaluated. It is also smart to assess what kind of goal the members of the design team individually have for the project. It is also important to clarify what kind of resources the actors in the design team have available to perform the project.

After deciding the strategy, goals, use of BIM and MMI in the project and the design team has gotten to know each other. As pointed out by the production and process responsible, the design team collaboratively should create the wanted MMI working process for the project. The working process should be customized to each building project, but all the interviewees agreed on that it should be based on the flowsheet from the MMI guidelines presented in figure 1. Discussing the flowsheet collaboratively, will according to interviewees give the team members a common understanding of the working process and ownership of what they are supposed to perform. When the team has agreed on a

flowsheet, the next step for the team should be to define the MMI levels for the project. The MMI levels can be very general or very specific, the interviewees pointed out that this should depend on the project and the team members.

The next step in the start – up meeting according to interviewees is to start considering the deliveries in the project. It was argued that this can be considered as the main job to take MMI into use. Each actor in the design team should define which design activities they shall perform on each MMI level. This practice will create a delivery plan that gives each actor a work package to perform on each MMI level. An example of this is presented in table 1. When creating this table, it is important to think about what do we need to do in this level, and why do we need this to be done at this level?

Table 1: Example of what a delivery plan can look like, this can for example also have a second division under each actor with each building part such as foundation, facade and inner work

MMI	Contractor	Architect	Structural E.	Electrical E.	Plumbing E.	Mechanical E.
100						
200						
300						
350						
400						
500						

Planning the design process

After the start- up meeting it is time to create the design process plan. First, it must be clarified which dependencies there is between the different actors in the process of reaching the MMI levels. This should be done by using a Last Planner System™ tool for example in a post-it-note session. The post-it-note session makes a visual representation of the design plan and the dependencies, it is easy to understand, and the plan can hang on the wall, so all the team members gets reminded of the plan each time they go into the meeting room.

The plan should be made by creating design milestones for the model. The milestones should represent an MMI level. When creating this design plan, it is important that the plan relates to the production plan, so that the design team reach MMI 400 in time for the production to start as planned. A post - it - note plan can turn out to be quite big, so there could be enough to just put the most important design milestones in the plan and create a separate plan for all deliveries in the design process in some sort data program, such as Excel or MS Project.

Based on Lean thinking it is important to update the plan as the BIM develops. The BIM will develop in different places for each actor, but also for different parts of the building. The production team divides the building into smaller pieces for planning the production phase, in planning the design process the same pieces as in production should be used. These pieces could be divided in both zones and systems. This should be defined for each project, but in general a zone could be a floor, a room or a function inside a

building, a system will be such as a HVAC system that goes through multiple zones. Planning by using the same zones and systems as the production will ensure that the production drawings will be finished at the right time.

Table 2: Example of how a post – it - note plan can be formed

Week number	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Milestones										MMI 300		MMI 350		
Contractor												MMI 350		
Architect								MMI 300						
Structural E.							MMI 300					MMI 350		
Mechanical E.										MMI 300		MMI 350		
Electrical E.									MMI 300			MMI 350		
Plumbing E.									MMI 300			MMI 350		

Control, measure and evaluation

The interviewees pointed out that there should be performed a control of the performed work, before an actor can move to next MMI level. Some interviewees pointed out that they use a control form that the design actors must deliver to the design manager for approval. If the performed work is satisfying according to what's expected in the MMI level, the design manager signs the scheme and the actor can continue to develop to model.

One design manager presented a way of controlling all deliveries in real time, where the delivered files gets tagged with the representing MMI level. In this way they always track the development, and they have a diagram that is updated automatically which shows the models MMI level. The design manager says that this gives a clear picture over the model maturity and because all files are tagged with an MMI-level, all participants at a project knows if the design material is finished and ready for use.

Some interviewees also played with the idea of using an automatic control in Solibri, using pre-defined rules. For this to work all objects must be marked with the MMI level in their original model. It is commented that with today's data programs the use of MMI on object level will not provide any value for the project.

DISCUSSION AND CONCLUSION

Today, very few actors use MMI in Norway. This may be due to uncertainty regarding use and implementation of MMI. Based on the findings from the theory and interviews, a framework is proposed in figure 2. The framework illustrates a way for implementing MMI in an AEC project and a way to structure the model maturity work in the design process. The framework is divided into three main stages, based on the framework made by Knotten

(2018). The use of the assessment and initialization stage will ensure that the project stakeholders know the project goals, client requirements, and plan and organize the projected based on this. The suggested assessments and initialization in these two stages, will make it easier to utilize the use of BIM, because it is created a common communication language, which is customized to the specific project and the actors of the project. The actor's knowledge and competence regarding the use of BIM, will influence how the MMI language is developed and used.

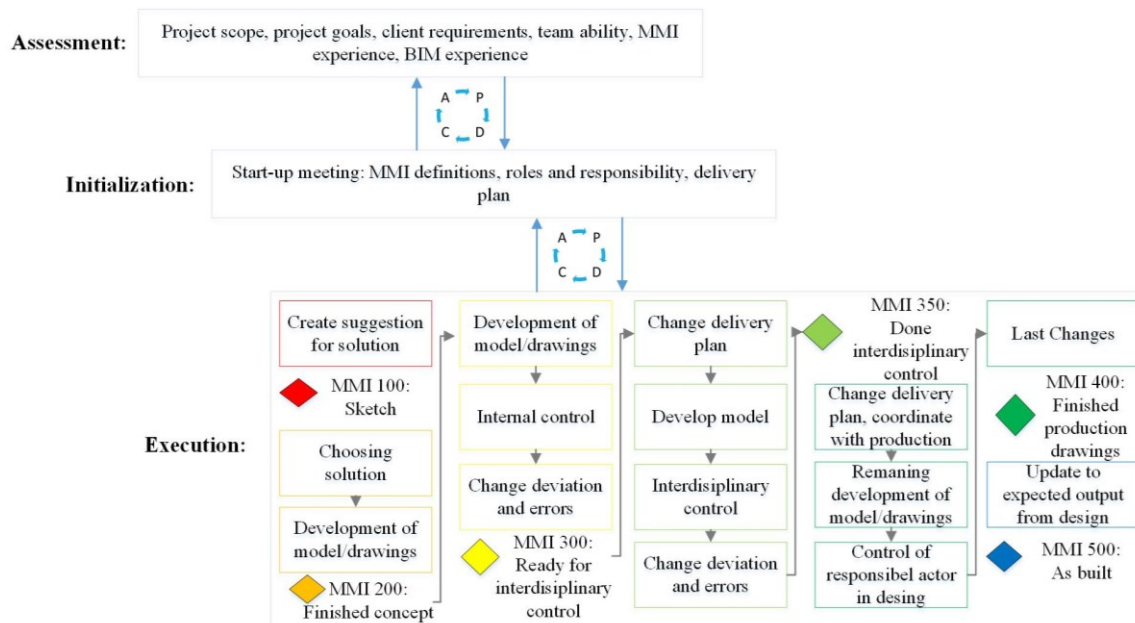


Figure 2: Framework for implementing MMI in a Norwegian building project

Both the initialization and execution stage must be evaluated against the decisions made in stage before. This is illustrated with an PDCA cycle between the stages. The PDCA cycle, also known as Demings cycle, consists of Planning – doing – checking – and acting. The planning is performed in the stage, and then the plans are executed. After or during the execution, there should be performed some sort of check or control. This will ensure that the project is reaching its goal and developing according to the plan made in the previous stage.

The flowsheet in the execution stage is based on the presented flowsheet in figure 1 and findings from interviews, and is developed with inspiration from a framework for the use of LoD created by Hooper (2015). The flowsheet presents activities that needs to be addressed in order to achieve the next MMI. The execution stage focuses on controlling and correcting (Act) the planning and doing of the previous stages. Figure 2 shows which controls should be performed at each MMI level, and that any deviations and errors that occurs must be corrected before the design team can reach the next MMI level. To reach a new MMI level, a BIM – coordinator or the design manager should approve that the expected work in the MMI level is performed and approved. After getting the approval of reaching a new MMI level, the design team can continue with developing the BIM according to the work packages decided for that specific MMI level. This working method

will ensure continuous improvement, because a control between each level will make problems clear and there will be possible to correct errors before they are passed on. A control will also align the design progress in the BIM with the plan, and the delivery plan can be updated if necessary. This will support a leaner design-process, by removing unnecessary iterations and errors.

The framework with the flowsheet can be used in all contract forms and it doesn't matter which actor brings MMI into the project. It is a huge advantage if MMI gets implemented as soon as possible in the project, to ensure that the design members get an ownership to the working method and communication language. It can be argued that the development from MMI 0 to MMI 200 is missing some details in the flowsheet. The reason for this is that the guidelines created by Fløisbonn et al. (2018) is based on a need from the contractors in the detailed design phase. Therefore, it needs research into the early stages of design. Defining MMI in more detail up to MMI 200, will create a more structured process and give the design team better guidelines to work by.

This research is conducted in the Norwegian AEC Industry and based on Norwegian guidelines; however, the authors believe that the framework and flowsheet is applicable for international AEC projects as well. The framework is generic and needs to be incorporated in the project strategy, and the focus is the improvement of the design process. The design process is almost the same in all countries, as it is almost the same in all contract forms. Using this framework together with LoD will work just as well, because the main point is to improve the design process and not the graphical detail level in the BIM.

REFERENCES

- Abou-Ibrahim, H., and Hamzeh, F. (2016). "Enabling lean design management: An LOD based framework." *Lean Construction Journal*, 2016, 12-24.
- Abou-Ibrahim, H., and Hamzeh, F. "Design Management: Metrics and Visual Tools." *Proc., 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction* Heraklion, Greece, 465-473.
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., and O'Reilly, K. (2011). "Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice." *Automation in Construction*, 20(2), 189-195.
- Arksey, H., and O'Malley, L. (2005). "Scoping studies: Towards a methodological framework." *International Journal of Social Research Methodology: Theory and Practice*, 8(1), 19-32.
- BIMForum (2018). "Level of Development (LOD) Specification Part 1 and Commentary."
- Bølviken, T., Gullbrekken, B., and Nyseth, K. "Collaborative design management." *Proc., Challenging Lean Construction Thinking: What Do We Think and What Do We Know? - 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 18*, 103-112.
- Corbin, J. M., and Strauss, A. L. (2008). *Basics of qualitative research: techniques and procedures for developing grounded theory*, Sage, Thousand Oaks, Calif.

- El Reifi, M. H., Emmitt, S., and Ruikar, K. "Developing a conceptual lean briefing process model for lean design management." *Proc., 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013*, 325-334.
- El. Reifi, M. H., and Emmitt, S. (2013). "Perceptions of lean design management." *Architectural Engineering and Design Management*, 9(3), 195-208.
- Emmitt, S., Sander, D., and Christoffersen, A. K. "Implementing value through lean design management." *Proc., IGLC*.
- Floisbonn, H. W., Skeie, G., Uppstad, B., Markussen, B., and Sunesen, S. (2018). "MMI - Modell Modenhets Indeks." <<http://eba.no/globalassets/dokumenter/mmi-utvalget/mmi-modell-modenhets-indeks.pdf>>. (14.11, 2018).
- Fosse, R., Ballard, G., and Fischer, M. "Virtual design and construction: Aligning BIM and lean in practice." *Proc., IGLC 2017 - Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 499-506.
- Garcia, G., Golparvar-Fard, M., De La Garza, J. M., and Fischer, M. "Model maturity risk index framework for tracking progress in model-based engineering." *Proc., Construction Research Congress 2018: Construction Project Management - Selected Papers from the Construction Research Congress 2018*, 42-52.
- Hamzeh, F. R., Ballard, G., and Tommelein, I. D. "Is the Last Planner System applicable to design? A case study." *Proc., 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC17, July 13, 2009 - July 19, 2009*, National Pingtung University of Science and Technology, 165-176.
- Hooper, M. (2015). "Automated model progression scheduling using level of development." *Construction Innovation*, 15(4), 428-448.
- Knotten, V. (2018). "Building design management in the early stages." Degree of Philosophiae Doctor, NTNU, Trondheim.
- Knotten, V., Hansen, G. K., Svalestuen, F., and Lædre, O. "Learning across disciplines - Use of the Constant Comparative Method." *Proc., Proceedings of the 9th Nordic Conference on Construction Economics and Organizations*, 273-284.
- Leite, F., Akcamete, A., Akinci, B., Atasoy, G., and Kiziltas, S. (2011). "Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models." *Automation in Construction*, 20(5), 601-609.
- Nøklebye, A., Svalestuen, F., Fosse, R., and Lædre, O. "Enabling lean design with management of model maturity." *Proc., IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers*, 79-89.
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., and Owen, R. (2010a). "Interaction of lean and building information modeling in construction." *Journal of construction engineering management*, 136(9), 968-980.
- Svalestuen, F., Knotten, V., Lædre, O., and Lohne, J. (2018). *Planning the Building Design Process According to Level of Development*.

- Tauriainen, M., Marttinen, P., Dave, B., and Koskela, L. (2016). "The Effects of BIM and Lean Construction on Design Management Practices." *Procedia Engineering*, 164, 567-574.
- Wohlin, C. "Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering." *Proc., ACM International Conference Proceeding Series*.

Vedlegg 2: Intervjuguide

Intervjuguide

Praktisk info

Om forfatteren

Marie, studerer på NTNU, 2 årig master. Bygg og anlegg med spesialisering innen prosjektledelse. Har en bygg bachelor fra NTNU (gamle HiST), med spesialisering innen husbyggingsteknikk. Har jobbet 18 uker på byggeplass som sommerjobb for Veidekke, fordelt på to sommere, hvor en var på et prosjekt i Larvik og en på Lilleby i Trondheim.

Bakgrunn for studiet

Ønsket å skrive om BIM, har erfart gjennom sommerjobb at effektiviteten i prosjekteringen varierer og at dette påvirker produksjonen på byggeplass. MMI er et spennende planleggings verktøy som kan forbedre effektiviteten og flyten i prosjekteringen dersom det benyttes riktig.

Det er ønskelig å koble sammen prosjekteringsprosessen og BIM ved bruk av hjelpemiddelet MMI. Dette skal gjøres med utgangspunkt i MMI – modell modenhetsindeksen, utgitt av EBA, RIF og Arkitektbedriftene.

Kunnskapsgapet er i hovedsak praktisk tilnærming og erfaringer fra bruk av modellen. Informasjonen fra disse intervjuene skal derfor benyttes til å utforme en «manual» som gir forslag til «beste fremgangsmåte» for bruk av MMI i planlegging av prosjekteringsprosessen.

Forskningsspørsmål

1. Hvilke tilnærminger til MMI benyttes i bransjen i dag?
2. Hvilke erfaringer er knyttet til disse tilnærmingene?
3. Hvordan bør MMI benyttes for å planlegge prosjekteringen i BIM – prosjekter?

Praktisk info

For å sikre pålitelighet og nøyaktighet vil intervjuene bli tatt opp med lydopptak og deretter bli transkribert, dersom dette er i orden?

Intervjuet er semi-strukturert og fungerer kun som en rød tråd. Dersom ikke alle spørsmål er besvart, men intervjuer føler at problemstillingen er besvart er dette godt nok.

Deltakers bakgrunn

- | | |
|--|---|
| - Hva er din erfaring med bruk av BIM? | - Hva er rollen til bedriften din i prosjektet? |
| - Hva er din erfaring med bruk av MMI? | - Hva slags kontraktform er prosjektet? |
| - Hvilken rolle har du i bedriften? | - Hva brukes BIM til i prosjektet? |
| - Hvilken rolle har du i prosjektet? | - Hvordan benyttes MMI i prosjektet? |

Nøkkelspørsmål

Hvilken kjennskap har du til modenhetsstyring?

Hvordan gjennomfører dere bruken av modenhetsstyring?

Hvilke fordeler har du erfart/ser du for deg at modenhetsstyring fører med seg?

Hvilke utfordringer ser du for deg at modenhetsstyring kan føre med seg?

Hvordan kan entrepriserform og kontraktsstrategien påvirke bruken av modenhetsstyring?

- Må man legge inn at mmi skal brukes i kontraktene?

Hvordan verktøy/software bør brukes?

- Hvordan legge inn MMI nivåene til objektene?
- Skal de legges inn av rådgiverne selv i sine respektive programmer eller legges det inn i Solibri?
- Hvem har ansvaret, totalentreprenør eller de ulike fagene?
- Blir informasjon med i eksport/import?

Hvordan måler man modenheten til modellen?

Hvordan ville du gått fram dersom du skulle ta i bruk modenhetsstyring på et prosjekt?

- Hva tenker du rundt oppstartsfasen, hva er viktig i den fasen for å ta i bruk modenhetsstyring?
- Hva med planleggingen av prosjekteringen og utarbeidelsen av en modenhetsplan, hva er viktig da?
- Hvordan bør man utføre kontroll av modellen?
- Hvilke kritiske punkter ser du for deg kan oppstå i en prosjekteringsprosess hvor modenhetsstyring benyttes?

Vedlegg 3: MMI – nivåene definert av Fløisbonn *et al.* (2018)

	100	200	300	350	400	500
	Skisse	Ferdig konsept	Klar for tverrfaglig kontroll	Utført tverrf. koordinering	Produksjonsunderlag	Som bygget
Geometri	Objektene er modellert for å fremstille forslag til konsept i form av volumobjekter for å grafisk fremstille plassbehov for løsningen. Objektene er å betrakte som en skisse selv om det er modellert med tilsynelatende nøyaktig og detaljert geometri.	Alle objektene nødvendig for å definere konseptene er modellert og grafisk fremstilt som generiske system med omtrentlige mengder, form, størrelse og plassering.	Alle objektene relevant for tverrfaglig kontroll er modellert. Objektene er fremstilt og klassifisert i BIM-modellen som bestemte systemer, med riktig mengde, størrelse, form og plassering.	Alle objektene er modellert. Objektene er fremstilt og klassifisert i BIM-modellen som bestemte systemer, med riktig mengde, størrelse, form og plassering.	Alle objektene er modellert. Objektene er grafisk fremstilt og klassifisert i BIM-modellen som bestemte systemer, med riktig størrelse, form, plassering og orientering. Detaljert med tanke på utførelse.	Objektene er grafisk fremstilt og klassifisert i BIM-modellen, og tilsvarer deres respektive komponent i det fysiske bygget/konstruksjonen. Objektene har riktig størrelse, form, plassering og orientering med detaljert utførelse.
Informasjon	Utover merking med MMI, stilles ingen krav til informasjon på objektene.	Modellinformasjon om prosjekt, tomt, bygg, og etasje er utfylt iht. prosjektets krav. Objektene er navngitt etter objekttype iht. prosjektets krav til dette.	Modellinformasjon om prosjekt, tomt, bygg, og etasje er utfylt iht. prosjektets krav. Objektene er navngitt etter objekttype iht. prosjektets krav til dette. Objektene er beskrevet korrekt så bla. material og komposittresept fremgår. Objektene har utfylt egen-skapsinformasjon iht. prosjektets krav.	Modellinformasjon om prosjekt, tomt, bygg, og etasje er utfylt iht. prosjektets krav. Objektene er navngitt etter objekttype iht. prosjektets krav til dette. Objektene er beskrevet korrekt så bla. material og komposittresept fremgår. Objektene har utfylt egen-skapsinformasjon iht. prosjektets krav.	Modellinformasjon om prosjekt, tomt, bygg, og etasje er utfylt iht. prosjektets krav. Objektene er navngitt etter objekttype iht. prosjektets krav til dette. Objektene er beskrevet korrekt så bla. material og komposittresept fremgår. Objektene inneholder informasjon relatert til produksjon. Dette spesifiseres av utførende i samarbeid med prosjekterende og oppdragsgiver.	Modellinformasjon om prosjekt, tomt, bygg, og etasje er utfylt iht. prosjektets krav. Objektene er navngitt etter objekttype iht. prosjektets krav til dette. Objektene er beskrevet korrekt så bla. material og komposittresept fremgår. Objektene inneholder informasjon om FDV-dokumentasjon herunder produsent, leverandør etc. Dokumentasjon skal enten utfylles som egne datafelter i BIM-objektene eller leveres som separate dokumenter som kan kobles til objekttyper med produkttyper-eferanse. Dette spesifiseres av utførende i samarbeid med prosjekterende og oppdragsgiver.

