

Kåre Reitan

Prosjektstyring og samhandling i detaljprosjektering ved bruk av Modellmodenhetsindeks

Masteroppgave i Digital Samhandling
Veileder: Knut Arne Strand
Mai 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk
Institutt for datateknologi og informatikk

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en del av mastergraden i studiet Digital Samhandling ved Institutt for Datateknologi og Informatikk ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, NTNU. Masteroppgaven startet høsten 2018, og er avsluttet våren 2019.

Målet med å studere digital samhandling har vært et ønske om å få en bedre forståelse for hvordan man kan effektivisere samhandling med bruk av digitale verktøy. Siden jeg tidligere har en bachelorgrad innen Bygg- og Miljøteknikk har det for masteroppgaven vært et mål å kombinere digital samhandling med anvendelse innen bygg- og anleggsprosjekter.

Digital samhandling består av flere emner som legger grunnlaget for temaet i masteroppgaven. Dette er prosjektledelse, Concurrent Design og samhandlingsteknologi. For bygg og anlegg blir dette satt i forbindelse med prosjektstyring, Integrated Concurrent Engineering og modellbasert prosjektering.

Jeg vil takke veileder Knut Arne Strand for god veiledning gjennom masteroppgaven. En stor takk rettes til Statsbygg som introduserte meg til denne oppgaven, og Frode Mohus som satte meg i kontakt med de aktuelle prosjektene i regi av Statsbygg. En stor takk rettes også til Sweco og Kruse Smith for tilgang til intervjuobjekter. Jeg vil også takke alle intervjuobjekter og bidragsytere som har gjort denne oppgaven mulig, samt Øystein Mejlænder-Larsen for gode innspill under skrivingen.

Trondheim, Mai 2019



Kåre Reitan

Sammendrag

Prosjekteringsprosessen i bygg- og anleggsprosjekter vil ofte være preget av store informasjonsmengder og betydelige behov for å styre og utnytte kunnskap. Dette har ført til et større fokus på bruk av bygningsinformasjonsmodeller (BIM) for å håndtere og dele informasjon og data. Modellmodenhetsindeks (MMI) er et begrep som beskriver informasjonsmodenheten i modeller og objekter ved bruk av stegvise tallkoder. Innføring av MMI har gjort det enklere å planlegge prosjekteringsforløpet knyttet til BIM-modeller i prosjekter med en modellbasert tilnærming til prosjektgjennomføringen. Selv om prosjekter velger å planlegge prosjektforløpet med MMI har det vært lite forskning på mulighetene for å kontrollere og følge fremdrift i tilknytning til MMI-verdier. Det er derimot foreslått en tilnærming til å følge fremdrift basert på erfaringer fra olje- og gassnæringen.

Med utgangspunkt i nevnte tilnærming er det utarbeidet følgende problemstilling: *Hvordan kan prosjekter følge fremdrift med utgangspunkt i Modellmodenhetsindeks?* For å belyse problemstillingen er det utarbeidet tre forskningsspørsmål knyttet til samhandling, planlegging og å kontrollere fremdrift med MMI. Selv om formålet med oppgaven er å se på hvordan prosjekter kan følge fremdrift, kan problemstillingen anses som todelt, hvor den første delen vurderer forståelsen knyttet til MMI og den andre delen muligheten for å følge fremdrift. For å besvare forskningsspørsmålene er det valgt å benytte kvalitative forskningsmetoder.

Funnene viser at det er nødvendig å kunne beskrive modenheten på informasjon i modeller. Årsaker til dette er at modeller ofte ser mer ferdig ut enn det de er, og at involverte er nødt til å vite i hvilken grad modeller kan benyttes som prosjekterings- og produksjonsunderlag. De involverte er nødt til å vite i hvilken grad informasjonen i modeller er pålitelig og nøyaktig. Dette kan knyttes til prosjekterings parallele flerfaglige prosess, hvor man er nødt til å vite hvilke løsninger som er tverrfaglig koordinert og kontrollert, og hvilke løsninger som setter presedens for videre prosjektering. Det vil være viktig å kontrollere fremdriften i prosjekter, for å tydeliggjøre modenheten i prosjektet mot interessenter, og for å sikre at prosjektet gjennomføres innenfor kriterier til fremdrift.

Med utgangspunkt i at modenhet kun oppnår modenhet ved milepæler, er det med bakgrunn i milepælsplanleggingen konkludert med at prosjekter bør måle fremdrift av modenhet på modellnivå. Forskingen viser at kontrollering og måling av fremdrift med modellmodenhetsindeks forsøker å dekke forskjellige behov, og det anbefales derfor at prosjekter måler fremdrift gjennom prosjektplan, identifiserer ikke fullførte aktiviteter og tydeliggjør modenheten på aktuelle modeller. Det anbefales også at dette knyttes til en BIM-basert arbeidsflyt for å redusere bruk av tid og ressurser.

Abstract

The engineering design process in construction projects will often be characterized by large information volumes and significant needs for managing and utilizing knowledge. This has led to a greater focus on the use of building information models (BIM) to handle and share information and data. Model Maturity Index (MMI) is a term that describes the information maturity of models and objects using step-by-step numerical values. The introduction of MMI has made it easier to plan the design process related to BIM-models in projects with a model-based approach. Although projects choose to plan progress based on MMI, there has been little to none research on the possibilities of controlling and reporting progress with connection to MMI values. On the other hand, it has been suggested to control and report progress based on experiences from the the oil and gas industry.

Based on mentioned approach, the following research problem have been defined: *How can projects follow progress based on Model Maturity Index?* To adress this issue, three research questions have been prepared relating to the collaboration, planning and control of progress with MMI. Although the purpose of the thesis is to look at how projects can follow progress, the problem can be considered twofold, where the first part considers the understanding related to MMI and the second part the ability to follow progress. To answer the research questions, it has been chosen to use qualitative research methods.

The findings show that it is necessary to be able to describe the maturity of information in models. The reasons for this are that models often look more complete than they are, and that the parties involved must know whether models can be used as design and production documentation. The involved parties is dependent to know whether the information in models is reliable and accurate. This can be linked to the projects parallel and multidisciplinary processes, where the need for awereness and understanding for which solutions that are interdisciplinarily coordinated, and which solutions that sets a precedent for further engineering is necessary. Project progression is important to control, to clarify the maturity of the project against stakeholders, and to ensure that the project is carried out within the criteria for the project.

Based on the prerequisite that models only achieves maturity at milestones, and related to the milestone planning, it is concluded that projects should measure the progression of maturity on models at the disciplinary level. The research shows that control and measurement of progress with Model Maturity Index attempts to cover different needs, and it is therefore recommended that projects measure progress through the project plan, identifies not completed activities and clarify the maturity of current models. It is also recommended that these activities is connected to a BIM-based workflow to reduce the use of time and resources.

Innhold

Figurer	ix
Tabeller	x
Forkortelser og begreper	xi
1 Introduksjon	1
1.1 Tematisk bakgrunn	1
1.2 Problemstilling	3
1.3 Valg av problemstilling og avgrensning	4
1.4 Disposisjon	5
2 Teori	6
2.1 Prosjektstyring	6
2.2 Computer Supported Cooperative Work	12
2.3 Lean	16
2.4 Bygningsinformasjonsmodeller	21
2.5 Prosjektstyring med modellstatus	26
3 Metode	33
3.1 Sentrale aspekter ved kvalitativ forskning	33
3.2 Litteraturstudie	38
3.3 Intervju	40
3.4 Dokumenter som tilleggsdata	44
3.5 Kvalitativ datanalyse	45
3.6 Forskningens troverdighet/kvalitet	46
3.7 Svakheter ved oppgaven	49
4 Resultater	50
4.1 Prosjektene	50
4.2 Prosjektstyring	53
4.3 Hvilken tilnærming har prosjektene til planlegging og prosjektstyring?	57
4.4 Hvilken erfaring har prosjektene med planlegging og prosjektstyring?	76

5	Diskusjon	84
5.1	Forskningsspørsmål 1: Hvilken funksjon har MMI i prosjektgjennomføringen?	84
5.2	Forskningsspørsmål 2: Hvordan planlegger prosjekter fremdrift med utgangspunkt i MMI?	93
5.3	Forskningsspørsmål 3: Hvordan bør prosjekter måle fremdrift med utgangspunkt i MMI?	100
6	Konklusjon.....	106
6.1	Videre arbeid.....	108
7	Referanser	109
8	Vedlegg	112

Figurer

Figur 1: Produktivitet (SSB, 2018).....	1
Figur 2: Parallellitet (Chachere et al., 2009)	7
Figur 3: Milepælsplan (Project Management, 2013).....	8
Figur 4: Detaljert plan (Project Management, 2013).....	8
Figur 5: Prosjektdata-, informasjon- og rapportflyt (Project Management, 2013).....	10
Figur 6: Kontrollering av prosess (Project Management, 2013)	11
Figur 7: Felles modell (Van Berlo et al., 2012).....	12
Figur 8: Interaksjon med artefakt (Bassanino et al., 2014)	14
Figur 9: ICE rammeverk (Bhuiyan et al., 2006).....	19
Figur 10: LPS og arbeidsflyt (Schimanski et al., 2018)	20
Figur 11: Objekttyper (Paavola et al., 2018).....	22
Figur 12: Grafisk representasjon av LOD verdier (BIMForum, 2019)	25
Figur 13: MMI prosess (Fløisbonn et al., 2018).....	25
Figur 14: LOD Modningsplan (Grytting, 2017).....	27
Figur 15: Milepælsplan for prosjekt og disipliner (Fløisbonn et al., 2018).....	28
Figur 16: Kvalitetsporter (Schade et al., 2011)	29
Figur 17: Objektstatus knyttet til geografisk plassering (Mejlænder-Larsen, 2018).....	30
Figur 18: Prosentvis ferdig mot neste status (Construction Industry Institute, 2019).....	32
Figur 19: Spørreskjema for evaluering av ferdighetsgrad (Construction Industry Institute, 2019)	32
Figur 20: Kvalitativ tilnærming som en prosess (Jacobsen, 2003).....	34
Figur 21: Case Study Method (Yin, 2014).....	38
Figur 22: Stegvis undersøkelse(Timmins et al., 2005).....	39
Figur 23: Dybdeintervjustruktur (Tjora, 2012)	42
Figur 24: Validitet og reliabilitet (Colombia_Edu).....	46
Figur 25: E6 Arnkvern - Moelv.....	51
Figur 26: Gol Sambruksstasjon	51
Figur 27: Høgskolen på Vestlandet	52
Figur 28: Livsvitenskapssenteret.....	52
Figur 29: MMI Prosjekt A.....	58
Figur 30: MMI prosjekt B	58
Figur 31: MMI på objekter i prosjekt A	60
Figur 32: MMI på modeller i prosjekt B	60
Figur 33: MMI på objekter i prosjekt C	61
Figur 34: Risikoanalyse.....	62

Figur 35: Kontrollområder prosjekt A.....	64
Figur 36: Kontrollområder i prosjekt D	65
Figur 37: Tavleplanlegging	67
Figur 38: Milepælsplanlegging	68
Figur 39: Prosjektplan prosjekt A	70
Figur 40: Prosjektplan prosjekt B.....	71
Figur 41: Prosjektplan prosjekt C.....	71
Figur 42: Prosjektplan prosjekt D	72
Figur 43: Modent på modeller gjennom Power BI.....	74
Figur 44: Kontroll av fremdrift i prosjekt B.....	75
Figur 45: Kontroll av fremdrift i prosjekt D.....	76
Figur 46: Samhandlingsrom i prosjekt D	86
Figur 47: Interaksjon med artefakter (Tory et al., 2008).....	87
Figur 48: Planlegging av fremdrift Figur 49: Planlegging av kollisjoner	96
Figur 50: Kontrollering av MMI mot fremdriftsplan	104
Figur 51: Fargekodet BIM-modell (Mejlænder-Larsen, 2018)	105

Tabeller

Tabell 1: Sløsing (Parry et al., 2006).....	16
Tabell 2: Sammenligning av LoD og LOD (Construction Industry Institute, 2019).....	24
Tabell 3: Søkeord og søkekombinasjoner	39
Tabell 4: Intervjuer.....	44
Tabell 5: Prosjektene	50
Tabell 6: Planleggingsmetoder.....	66
Tabell 7: Kontrollering og støtteverktøy	73
Tabell 8: Sammenligning av MMI prosesser	90
Tabell 9: Prosjektnedbrytning (Mejlænder-Larsen, 2018)	98
Tabell 10: Tilpasset tre-steps-prosess for MMI på modeller.....	103

Forkortelser og begreper

BIM	Bygningsinformasjonsmodell
BAE	Bygg, anlegg og eiendom
CSCW	Computer Supported Cooperative Work
ICE	Integrated Concurrent Engineering/ Samtidig prosjektering
LoD	Level of Detail
LOD	Level of Development
LPS	Last Planner System
MMI	Model Maturity Index/ Modellmodenhetsindeks
PEM	Project Execution Model/ Prosjektgjennomføringsmodell
PNS	Prosjektnedbrytningsstruktur
PPC/ PPU	Percent plan complete/ prosent-plan fullført
VDC	Virtual Design and Collaboration
Prosjekt A	Prosjekt: E6 Arnkvern – Moelv
Prosjekt B	Prosjekt: Gol Sambruksstasjon
Prosjekt C	Prosjekt: Høgskolen på Vestlandet
Prosjekt D	Prosjekt: Livsvitenskapsenteret

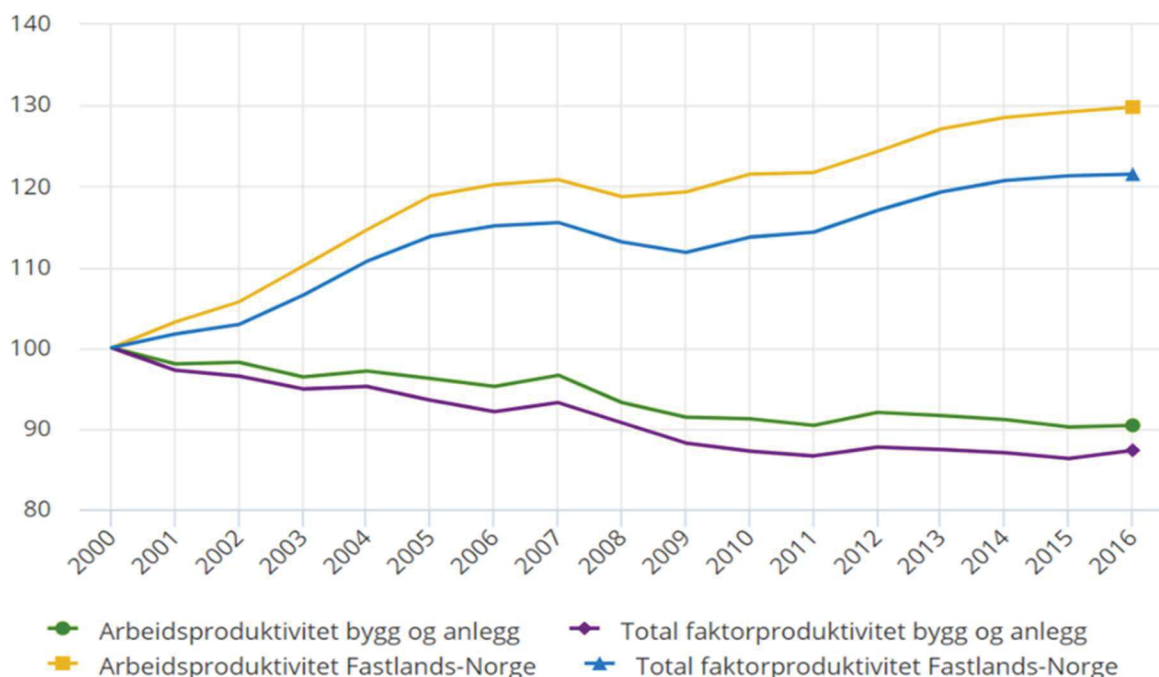
1 Introduksjon

Introduksjonen omfatter tematisk bakgrunn, problemstilling, valg av problemstilling og avgrensning, og disposisjon.

1.1 Tematisk bakgrunn

Byggenæringen er preget av stor konkurranse med små profittmarginer. Det sterke konkurransemessige miljøet setter et høyt press på at virksomheter er nødt til å kontinuerlig optimalisere sine interne prosesser for å kunne opprettholde konkurransemessige fordeler.

Grafen i figur 1 viser at produktiviteten i bygg og anleggsbransjen har falt, eller vært uendret i mange år. Grafen sammenligner også produktiviteten i bygg og anlegg med produktiviteten i fastlands-Norge, som viser at byggenæringen ikke ligger svært godt an når det gjelder å bli mer effektive og mer produktive. Dette kan skyldes en rekke variabler, men definerte årsaker har enda ikke blitt identifisert. Bedrifter og virksomheter knyttet til bygg og anleggsbransjen forsøker likevel å stadig forbedre sine interne rutiner og prosesser for å stadig være konkurransedyktige i et mer presset marked.



Figur 1: Produktivitet (SSB, 2018)

Fordi bransjen er organisert rundt prosjekter vil det medføre at fokuset for innovasjon og effektivitet ligger på prosjektgjennomføringen. Det vil være viktig for byggeprosjekter å ha klare retningslinjer og strategier for å styre kunnskap på en enkel og effektiv måte, da kunnskapsforvaltning bidrar til å utnytte og integrere kunnskap på tvers av disipliner, organisasjoner, prosjekter og bransje (Suresh et al., 2017).

I prosjektgjennomføring bør fokuset ligge på å identifisere oppgaver, styre ressurser og håndtere kommunikasjon mellom aktører. Planlegging av prosjekter handler om å avdekke kritiske avhengigheter, logistikk-messige utfordringer og fjerne hindringer som kan føre til forsinkelser (Boton et al., 2015). Dette vil derimot være vanskelig da designprosessen i bygg-, og anleggsnæringen er karakterisert av en kontinuerlig, tverrfaglig beslutningsprosess til å avklare og bestemme løsninger, for å oppfylle flere og ofte delvis motstridende mål (Schade et al., 2011).

I senere tid har det blitt et større fokus på effektivitet og kvalitet mellom samarbeidet og samhandlingen mellom prosjektdeltakere, fagdisipliner og interessenter. Samtidig har fokuset blitt større på å tilrettelegge for bedre utveksling av digital informasjon og dataflyt. Dette har medført et større fokus på bruk av bygningsinformasjonsmodeller (BIM) til å håndtere og dele informasjon og data. BIM er en digital representasjon av geometrisk og ikke-geometrisk bygningsinformasjon. Et større fokus på BIM har ført til behov for å vite hva som blir modellert og hvordan informasjon kan indentifiseres (Isikdag, 2015). Bruk av BIM til visualisering og informasjonsdeling har ført til en bedre delt forståelse for intensjoner, behov og geometriske relasjoner for aktører og prosjektdeltakere (Lin, 2014)

Innhold i modellelementer kan være geometrisk informasjon, men også strukturert data og linket dokumentasjon. Vanligvis vil detaljeringsgraden og dermed også informasjonen og modellmodenheten øke ettersom modellen og modellelementer går gjennom en rekke faser fra tidligfase frem til prosjektert design og konstruksjon (Schade et al., 2011). For å kunne vedlikeholde og styre kvaliteten og rekkefølgen i prosjektering av modellelementer, utviklet det amerikanske institutt for arkitekter i 2008 et konsept kalt «Level of Development» (LOD) (Andersson et al., 2016). LOD er et konsept som tilegner modellelementer en verdi basert på informasjon og innhold som ligger tilstede i et modellelement. Modellmodenhetsindeks (MMI) er en mer prosessorientert versjon av det LOD-baserte rammeverket (Fløisbonn et al., 2018).

1.2 Problemstilling

Å styre informasjon, samt ha de riktige verktøyene til å anvende informasjonen blir viktigere ettersom informasjonsmengder og bruk av digitale løsninger øker. For å støtte opp om arbeid knyttet til anvendelse av BIM som prosjekteringsgrunnlag har jeg utledet følgende problemstilling:

Hvordan kan prosjekter følge fremdrift med utgangspunkt i Modellmodenhetsindeks?

Problemstillingen tar utgangspunkt i dagens utfordringer ved prosjektering av digitale modeller, ved å identifisere problemer knyttet til kontrollering og styring av modenhet. Problemstillingen er utledet for å kunne bygge videre på temaet knyttet til modenhetsplaner, og legge frem en løsning for hvordan man på best mulig måte kan kontrollere fremdrift i prosjekter som benytter seg av modenhet. For å kunne besvare problemstillingen er det valgt å inkludere tre forskningsspørsmål som gjør det lettere å beskrive de utfordringene som problemstillinger forsøker å besvare.

Forskningsspørsmål 1: Hvilken funksjon har MMI i prosjektgjennomføringen?

Dette forskningsspørsmålet ser på bruk av modellmodenhet slik det anvendes i dag. Videre er dette forskningsspørsmålet benyttet for å vurdere aktualitet av modenhetsmåling opp mot forståelse og samarbeid av modellbasert planlegging. Dette forskningsspørsmålet ser også etter å kartlegge utfordringer som oppstår ved bruk av modellmodenhet knyttet til hvordan prosjektgrupper håndterer modellinformasjon. Kunnskapsforvaltning og felles forståelse er sentrale begreper innen anvendelse av digital samhandling, og status-spesifikasjoner vurderes derfor opp mot dets egenskaper til å støtte informasjonsflyt og kommunikasjon.

Forskningsspørsmål 2: Hvordan planlegger prosjekter fremdrift med utgangspunkt i MMI?

Forskningsspørsmålet er utledet for å identifisere hvordan planlegging av fremdrift blir gjennomført. Med utgangspunkt i hvordan planlegging blir gjennomført vil det være enklere å sette opp løsninger for kontrollering som bygger på de samme prinsippene som planleggingen anvender.

Forskningsspørsmål 3: Hvordan bør prosjekter måle fremdrift med utgangspunkt i MMI?

Dette forskningsspørsmålet forsøker å definere hvilke prinsipper for prosjektstyring, rapportering av modenhet bør følge. Å benytte seg av kjente og utprøvde prinsipper for styring og kontrollering av fremdrift vil gjøre det enklere å etablere en struktur som støtter opp om de behovene styring av fremdrift bør dekke.

For å besvare forskningsspørsmålene er det valgt å benytte både litteraturgjennomgang og analyse av empiri samlet inn ved undersøkelser. Ved å benytte både teori og empiri til å besvare forskningsspørsmålene er det vurdert at problemstillingen vil få en sterkere relasjon mellom bransjen og det vitenskapeteoretiske utgangspunktet.

1.3 Valg av problemstilling og avgrensning

Masteroppgaven hadde oppstart høsten 2018. Målet for høstens arbeid var å finne og definere problemstilling, definere metodisk tilnærming og definere teoretisk utgangspunkt. Allerede sommeren 2018 hadde jeg tatt kontakt med Statsbygg for å høre om muligheten for et samarbeid for masteroppgaven og potensielle temaer. Det ble sammen med Statsbygg sett på mulige temaer som utgangspunkt for problemstilling. I denne dialogen kontaktet Statsbygg Øystein Mejlænder-Larsen, som presenterte sin forskningsrapport på fremdriftsrapportering basert på forskning innen Olje- og Gassnæringen. Forskningsrapporten introduserer en tre-steps-prosess for å rapportere fremdrift i detaljprosjektering ved bruk av BIM. Med utgangspunkt i dette temaet ble det valgt å fokusere på prosjektstyring knyttet til anvendelse av objektstatus i BAE-næringen.

For digital samhandling er det for dette temaet spesielt tre emner det er aktuelt å fokusere på; prosjektledelse, Concurrent Design og samhandlingsteknologi. Med utgangspunkt i disse temaene kan oppgaven karakteriseres som todelt hvor forskningsspørsmål 1 knytter temaet opp mot samhandlings-teknologi, mens forskningsspørsmål 2 og 3 i større grad knytter temaet til prosjektledelse. Selv om forskningsspørsmålene kan knyttes til forskjellige utgangspunkt vil de likevel være sterkt knyttet til hverandre.

For å kunne knytte temaet i større grad opp mot digital samhandling er det valgt å ta et overordnet perspektiv til prosjektstyring og planlegging med modellstatus. Dette er for å kunne sette bruk av modellstatus i sammenheng med samhandling og samarbeid. Siden digital samhandling i stor grad omhandler samarbeid og samhandling rundt implementasjon og anvendelse av informasjonssystemer, og i mindre grad på bygg- og anleggstekniske utfordringer har det vært ønskelig å se på hvilke utfordringer som oppstår ved bruk av digitale verktøy typisk for bygg og anlegg.

1.4 Disposisjon

Introduksjon	Introduksjonen presenterer tema og problemstilling for oppgaven. Kapitlet beskriver bakgrunnen for oppgaven og hvorfor det er valgt å fokusere på det valgte temaet.
Teori	Teorien presenterer det teoretiske rammeverket for oppgaven. Kapitlet forsøker å forklare den relevante teorien, og sette teorien i en sammenheng som gir en forståelse for temaet i oppgaven.
Metode	Metode beskriver den tilnærmingen som er valgt for å undersøke oppgavens tema og problemstilling. Metodekapitlet forklarer hva som er gjort og hensikten bak de valgene som er tatt.
Resultat	Resultatkapitlet presenterer resultatene fra den metodiske tilnærmingen. Det er forsøkt å gjøre resultatene så objektiv som mulig, slik at leseren kan ta stilling til diskusjon og konklusjon.
Diskusjon	Diskusjonskapitlet forsøker å se resultatene i lys av teori. Målet med dette er å reflektere over de funnene som er gjort, og komme frem til konklusjoner som samsvarer med det teoretiske grunnlaget.
Konklusjon	Konklusjon kan sees på som en oppsummering av funn i diskusjonen. Her blir funnene sett i lys av forskningsspørsmålene. Det legges også frem forslag til videre arbeid.

2 Teori

2.1 Prosjektstyring

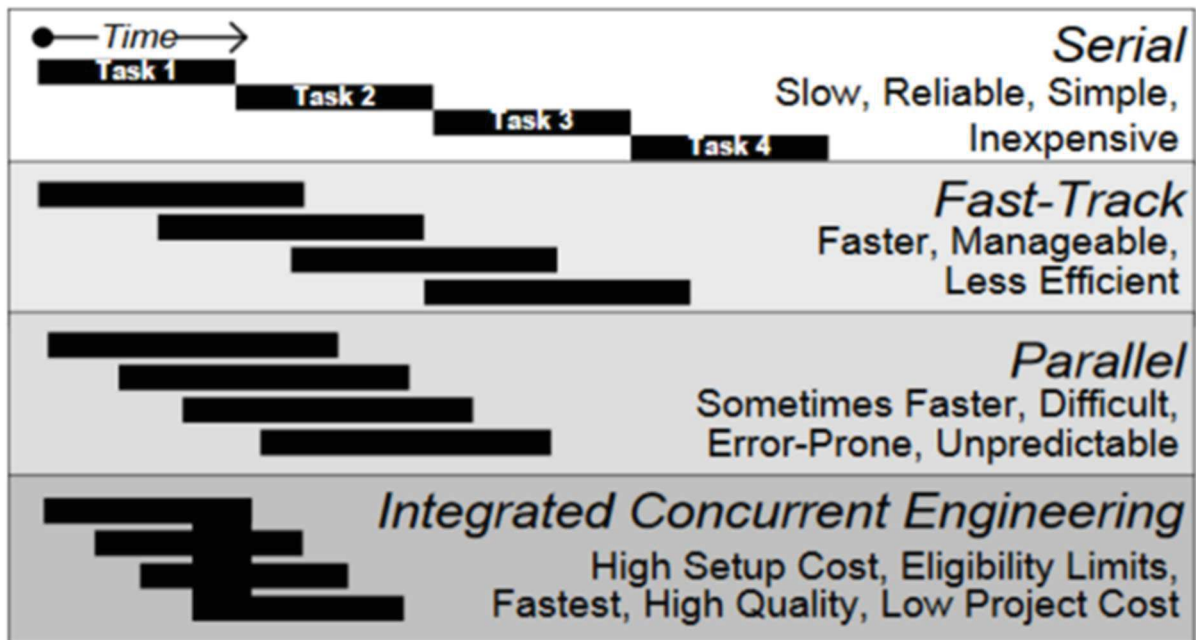
Prosjektledelse er anvendelsen av kunnskap, ferdigheter, verktøy og teknikker på prosjektaktiviteter for å møte prosjektmål (Project Management, 2013). Prosjektledelsesprosesser er delt opp i 5 faser: initiering, planlegging, utførelse, måling og kontrollering og avslutning. I disse fasene vil prosjektledelse være preget av å identifisere kravspesifikasjoner, adressere behov, bekymringer og forventninger blant interessenter, legge til rette for effektiv og aktiv samhandling, sørge for at prosjekter når sine prosjektmål, skape prosjektleveranser og balansere prosjektkriterier i henhold til omfang, kvalitet, fremdrift, kostnad, ressurser og risiko. I prosjekter vil et prosjekt-kriterie som regel ha innvirkning på andre prosjektkriterier, noe som gjør det å balansere og ivareta disse nokså utfordrende. Fordi prosjekter er midlertidige bør prosjektets suksess måles i henhold til prosjektkriteriene i prosjektet (Project Management, 2013). Det er prosjektlederen og prosjektgruppen som har ansvaret for å sette realistiske og oppnåelige mål, og fullføre prosjektet innenfor de godkjente rammene.

2.1.1 Faser

Store byggeprosjekter består av mange mindre oppgaver som kan gjøres uavhengig av andre, men vil ofte gjennomføres samtidig over lengre perioder (Jung et al., 2017). I tillegg vil arbeidet ha forskjellige funksjoner og være tilknyttet forskjellige disipliner. Dette gjør det vanskelig å kontrollere og lede byggeprosesser. Prosjektstyring i produksjon er en utfordring i store og komplekse prosjekter fordi det er mange aktører å holde styr på, samtidig som det er vanskelig å måle kvalitet og fremdrift på det arbeidet som gjøres.

Prosjektstrukturen og tilnærming til prosjektgjennomføring vil være forskjellig fra prosjekt til prosjekt. Det finnes derfor ingen ideell struktur som kan anvendes for alle prosjekter (Project Management, 2013). Organisasjoner kan likevel velge å standardisere prosjekter og tilpasse tilnærminger for de aktuelle prosjektene. Disse tilnærmingene kan gjerne deles opp to kategorier, sekvensielle faser og overlappende faser. Ulike tilnærminger til overlapping av faser illustreres i figur 2.

I sekvensielle faser starter en oppgave først når den forrige oppgaven er ferdig. Denne tilnærmingen reduserer usikkerhet, men reduserer også mulighet til å tilpasse prosjektplanen. I overlappende faser starter derimot etterfølgende oppgaver før forrige oppgave er fullført. For å gjennomføre oppgaver parallelt kan det hende at man har større behov for ressurser enn i sekvensielle faser. I tillegg kan det å gjennomføre prosjektet med overlappende faser øke risikoene, og kan føre til omarbeid fordi man starter en oppgave før man har nøyaktig informasjon. Dette er fordi informasjonen som går inn i bestemte prosesser og oppgaver er et resultat av andre prosesser og oppgaver (Project Management, 2013).



Figur 2: Parallellitet (Chachere et al., 2009)

Lengre tid for prosjektering gir større forutsigbarhet mellom fasene. Kortere tid vil derimot føre til en høyere grad av parallellitet mellom fasene. Parallellitet medfører større behov for prosjektdeltakerne å vite hvor de er i prosjektet og hvilke krav som stilles (Mejlænder-Larsen, 2016).

2.1.2 Planlegging

Prosjekter vil ofte skille mellom produkt og produksjonsprosessen (Hollermann et al., 2012). I motsetning til produktet kan produksjonsprosessen være vanskeligere å beskrive. Planlegging vil derfor innebære å knytte produktet og prosessen sammen. Project execution model (PEM) definerer når ting skal gjøres, hva som skal gjøres, til hvilken kvalitet og til hvilken status. Et av elementene i PEM for å sikre at prosjektet gjennomføres prosjektmålene innenfor de rammene som er satt er ved hjelp av planer. En milepælsplan, illustrert i figur 3 definerer prosjektaktiviteter hvor fremdrift og kvalitet er sammenstilt ved milepæler for å sikre en forutsigbar fremdrift (Mejlænder-Larsen, 2015). En milepæl er et betydelig

punkt eller hendelse i prosjektet, der milepælsplanen definerer hvordan prosjektdisiplinene i prosjektet til enhver tid bør ligge i henhold til hverandre ved milepæler for å sikre en forutsigbar fremdrift. Fremdriften for hver prosjektdisiplin vil dermed styres gjennom milepæler i planen. Å sikre at prosjektdisiplinene følger milepælsplanen vil redusere sannsynligheten for at det oppstår unødvendige designendringer.

Activity Description	Calendar units	Project Schedule Time Frame				
		Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5
Begin New Product Z	0	◆				
Complete Component 1	0			◆		
Complete Component 2	0		◆			
Complete Integration of Components 1 & 2	0					◆
Finish New Product Z	0					◆

Figur 3: Milepælsplan (Project Management, 2013)

Activity Identifier	Activity Description	Calendar units	Project Schedule Time Frame				
			Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5
1.1.MB	Begin New Product Z	0	◆				
1.1	Develop and Deliver Product Z	120	[Bar chart showing duration from Period 1 to Period 5]				
1.1.1	Work Package 1: Component 1	67	[Bar chart showing duration from Period 1 to Period 3]				
1.1.1.D	Design Component 1	20	[Bar chart showing duration from Period 1 to Period 2]				
1.1.1.B	Build Component 1	33	[Bar chart showing duration from Period 2 to Period 3]				
1.1.1.T	Test Component 1	14	[Bar chart showing duration from Period 3 to Period 4]				
1.1.1.M1	Complete Component 1	0			◆		
1.1.2	Work Package 2: Component 2	53	[Bar chart showing duration from Period 1 to Period 3]				
1.1.2.D	Design Component 2	14	[Bar chart showing duration from Period 1 to Period 2]				
1.1.2.B	Build Component 2	28	[Bar chart showing duration from Period 2 to Period 3]				
1.1.2.T	Test Component 2	11	[Bar chart showing duration from Period 3 to Period 4]				
1.1.2.M1	Complete Component 2	0			◆		
1.1.3	Work Package 3: Integrated Components 1 and 2	53	[Bar chart showing duration from Period 4 to Period 5]				
1.1.3.G	Integrate Components 1 and 2 as Product Z	14	[Bar chart showing duration from Period 4 to Period 5]				
1.1.3.T	Complete Integration of Components 1 and 2	32	[Bar chart showing duration from Period 4 to Period 5]				
1.1.3.M1	Test Integrated Components as Product Z	0				◆	
1.1.3.P	Deliver Product Z	7	[Bar chart showing duration from Period 5 to end]				
1.1.3.MF	Finish New Product Z	0					◆

Figur 4: Detaljert plan (Project Management, 2013)

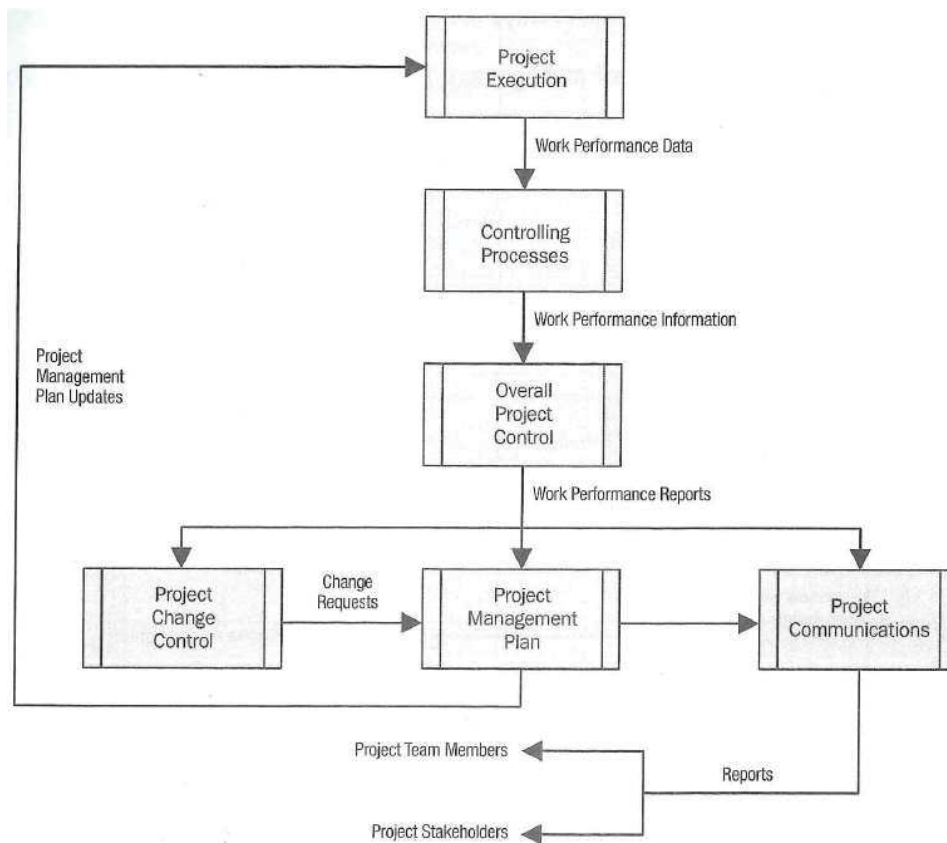
Milepælsplanen er ikke en prosjektplan, men reflekterer planen i henhold til mål knyttet til fremdrift og kvalitet. Prosjektplanen beskriver de forskjellige aktivitetene i prosjektet, knyttet opp mot fremdrift og kvalitet gjennom milepælene, denne er illustrert i figur 4. For prosjektstyring knyttet til prosjektplanen er det et viktig prinsipp at produktet eller «output» av hver fase og aktivitet er definert ved milepæler. Milepælene vil i detaljprosjektering representere porter for kvalitet hvor modenhet er koordinert og vurdert (Mejlænder-Larsen, 2018).

Prosjektplanen beskriver alle aktivitetene som bør håndteres i prosjektet. For at det skal være mulig å måle fremdrift må aktivitetene i planen være knyttet opp mot milepælene. Dette gjør at det er mulig å måle hvordan aktiviteter ligger an. For å sikre at prosjektet kan gjennomføres basert på prosjektplanen, er prosjektplanen nødt til å redegjøre for avhengigheter mellom aktivitetene. Planlegging av prosjektaktiviteter vil innebærer å koordinere de mellomliggende avhengighetene mellom aktiviteter, prosesser og mennesker (Lavikka et al., 2012). For å kunne koordinere aktiviteter vil det være viktig å ta hensyn til underliggende prosesser for beslutningstaking, kommunikasjon og oppfattelsen av delte objekter. Å bryte prosjektet ned i mindre deler legger et grunnlag for å kunne estimere, planlegge, gjennomføre, måle og kontrollere prosjektarbeidet (Project Management, 2013). Å ha en veldefinert plan er en avgjørende faktor for å tilrettelegge for effektiv prosjektstyring.

2.1.3 Kontroll

Arbeid lagt ned i planleggingen av designfasen vil i stor grad avgjøre om prosjekter blir fullført innenfor de parameterne som er bestemt. Dette kan være mål i forhold til tid, kvalitet, kostnad eller andre resultatmessige egenskaper. I forbindelse med dette vil også muligheten til å overvåke fremdrift være sterkt knyttet til hvordan planleggingen er gjennomført. Dette er fordi det nettopp er de parameterne benyttet i planleggingen av prosjektets fremdrift som vil benyttes for å overvåke prosjektets utvikling. Det er derfor nødvendig med gode metoder og prosesser som muliggjør effektiv planlegging og styring (Abou-Ibrahim et al., 2018). Prosjektstyring bygg- og anleggsprosjekter kan forbedres ved å benytte seg av metoder og verktøy introdusert av BIM og Lean konstruksjon. For prosjekter som benytter seg av BIM er det anbefalt å definere prosjektets arbeidsflyt, definere målinger som gjør informasjonsflyten eksplisitt og visualisere planlegging og kontroll av prosjekteringsprosessen.

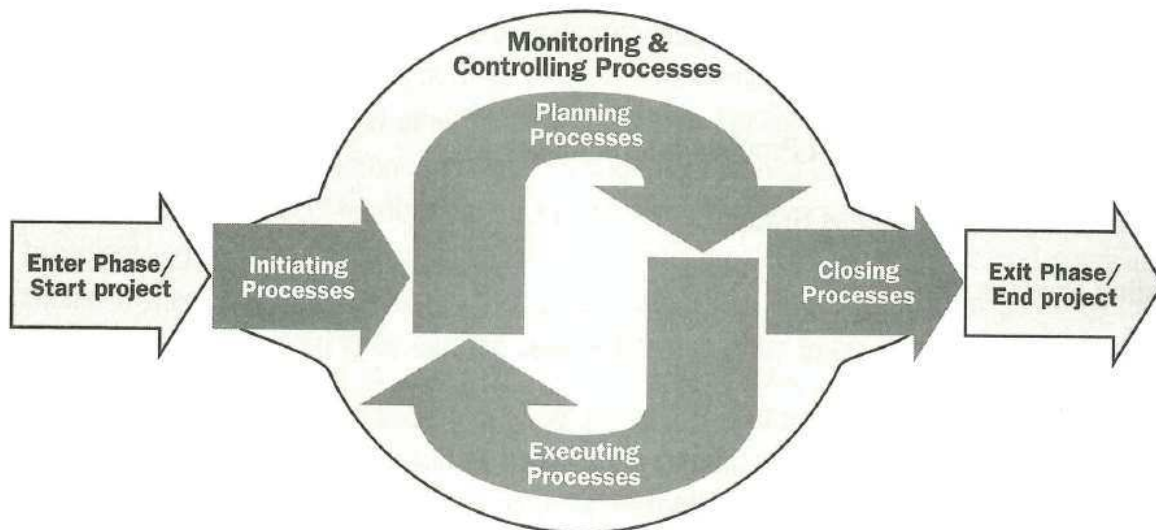
Målinger av prestasjon og utvikling lar virksomheter og grupper å vurdere sin egen innsats både i prosjekter og opp mot andre aktører som illustrert i figur 5. Målinger kan si noe om tilstanden til fremdrift, kvalitet, risiko, usikkerhet og måloppnåelse som kan hjelpe aktører til å ta beslutninger eller fortløpende holde seg oppdatert om tilstanden til prosjekter og organisasjon. I spesielt komplekse byggeprosjekter er det viktig å måle prosjektets utvikling, slik at prosjektdeltakere til enhver tid kan ha oversikt over sin egen fremgang (E. Eraya, 2018).



Figur 5: Prosjektdata-, informasjon- og rapportflyt (Project Management, 2013)

For å sikre at prosjektet gjennomføres i henhold til plan er det viktig at alle prosjektdeltakere har samme oppfatning av hva som er forventet av kvalitet og arbeid (Hollermann et al., 2012; Project Management, 2013). Selv om man kontrollerer det som er gjort i prosjektet kan det likevel være uklart hvor man ligger i henhold til fremdrift. Kontrollering av prosjektplanen handler om å måle statusen av prosjektaktiviteter for å rapportere fremdrift i prosjektet, og håndtere endringer i henhold til fremdrift for å kunne nå prosjektmålene (Project Management, 2013). Måling av prosjekteringsaktiviteter vil gi en indikasjon på hvor prosjektet ligger i henhold til fremdrift. Det viktig å merke seg at det kun er når aktiviteter måles opp mot milepælene at det er mulig å vite hvor man ligger i henhold til fremdrift.

For at prosesser skal kunne samhandle med andre prosesser er det nødvendig å måle og kontrollere disse. Måling og kontrollering av prosesser vil skje samtidig på tvers av prosesser og prosessgrupper hvor måling og kontrollering blir en bakenforliggende faktor som vist i figur 6. Måling og kontrollering av prosessgrupper handler om å skape innsikt i prosjektet og identifisere områder som kan ha behov for å følges tettere. I prosjekter med overlappende faser handler måling og kontrollering av prosessgrupper om å legge et grunnlag for å koordinere prosjektfasene. Måling og kontrollering av prosessgrupper gjøres gjennom å følge, analysere og kontrollere fremdrift og utførelse i prosjektet. Dette gjør det mulig å iverksette korrektive eller forbyggende tiltak for å sikre at prosjektet gjennomføres i henhold til prosjektplan.



Figur 6: Kontrollering av prosess (Project Management, 2013)

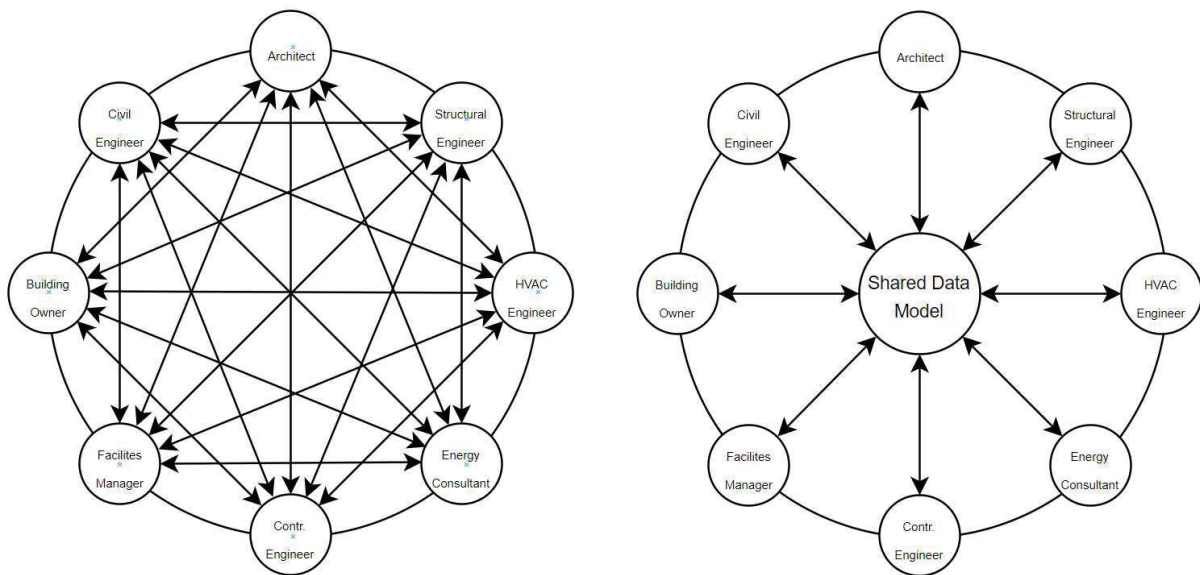
I tillegg til å styre risikoer, usikkerheter og fremdrift vil prosjektstyring også sikre at informasjonsbehovet til interessenter blir møtt (Project Management, 2013). Informasjonsbehovet vil ofte være knyttet til prosjektkriteriene som fremdrift, utførelse, leveransestatus og kostnader. For å optimalisere prosessen er det viktig at rapportene er omfattende og nøyaktige. Interessenter kan være individer, grupper eller organisasjoner som kan påvirke eller bli påvirket av et prosjekt, og kan derfor ofte være aktivt involvert i prosjektet for å holde øye med om prosjektet gjennomføres i forhold til prosjektmål og innenfor de rammene som er satt (Project Management, 2013).

2.1.3.1 Kontroll gjennom målinger

Prosjektering har lenge hatt en sekvensiell arbeidsflyt, og kan derfor være utfordrende å kontrollere fremdrift og produktivitet i prosjekter som i større grad anvender en mer parallell tilnærming til prosjekteringen. Det er vanskelig å holde kontroll på fremdrift og kvalitet i samtidig prosjektering siden man tidligere ikke har hatt strategier og struktur på plass for å fasilitere dette arbeidet. Utfordringene i samtidig prosjektering kan knyttes opp mot lignende utfordringer som oppstår ved produksjon, det mange aktører ofte er inn samtidig for kunne gjennomføre sine oppgaver. For å sikre god prosjektstyring er det viktig å ha målinger som forteller noe om fremdriften i prosjektet, det presiseres også at Concurrent Engineering er en tilnærming som er mye brukt for å følge og kontrollere arbeid i distribuerte prosjektgrupper (Khalid et al., 2008).

2.2 Computer Supported Cooperative Work

Computer Supported Cooperative Work (CSCW) oversatt til digital samhandling, omhandler samarbeidsaktiviteter og koordinering av samarbeid som kan støttes av informasjonssystemer (Carstensen et al., 1999). CSCW omfatter også situasjonsforståelse (eng: awareness) som handler om å forstå og oppfatte situasjoner, ofte knyttet til samhandling i gruppevarer. Gruppevare beskriver informasjonsteknologi og programvare som har til hensikt å støtte samarbeid og kommunikasjon. Introduksjonen av en delt felles modell illustrert i figur 7 for håndtering av informasjon og kunnskap i byggeprosjekter, i kombinasjon med prosesser for å fasilitere arbeidsflyt, har ført til et mer stabilt samarbeidsmiljø (Van Berlo et al., 2012). Fokus på systemintegrasjon og interoperabilitet mot felles modell har derimot ført til utfordringer for kommunikasjon, og dermed også for situasjonsforståelsen (Altenburger et al., 2012). For å optimalisere prosjektrealisering vil det i prosjektgjennomføringen være viktig å tilrettelegge for bedre forståelse for felles modell (Hollermann et al., 2012).



Figur 7: Felles modell (Van Berlo et al., 2012)

2.2.1 Situasjonsforståelse

Situasjonsforståelse handler om å vite hva som foregår. Denne forståelsen vil som regel være et resultat av interaksjonen mellom personer og et miljø (Gutwin et al., 2002), f.eks. interaksjonen mellom personer og informasjonssystemer. I forbindelse med BAE der aktiviteter ofte er gjensidig avhengige vil det være viktig å ha en forståelse for andre involverte sine aktiviteter (Altenburger et al., 2012). Situasjonsforståelse er først og fremst kunnskapen om statusen på et miljø knyttet til tid og sted. Siden miljøer forandrer seg over tid, må situasjonsforståelse vedlikeholdes gjennom interaksjon med miljøet. Det er

først og fremst ikke det å skape situasjonsforståelse som er målet, men det å vedlikeholde situasjonsforståelse for å kunne gjennomføre oppgaver.

Situasjonsforståelse i arbeidsmiljøer handler om den forståelsen man skaper seg om andre personer og hvilken interaksjon de har med arbeidsmiljøet, enn arbeidsmiljøet i seg selv (Gutwin et al., 2002). I samarbeid med andre personer er man ikke bare nødt til å skape en situasjonsforståelse knyttet til arbeidsmiljøet, men også selve samhandlingen med andre personer. Designprosessen i byggeprosjekter er preget av samarbeidet mellom forskjellige spesialister for å nå prosjektmål og krav (Carrara et al., 2012). Prosjektdeltakere er nødt til å kunne forstå og generalisere problemer og utfordring knyttet til design basert på egen oppfatning. Samarbeid vil med utgangspunkt i det tverrfaglige samarbeidet basere seg på evnen til å forstå og formalisere andre disipliner sine løsninger og design, inn i eget disiplinære og tekniske domene (Carrara et al., 2012).

En stor utfordring for å skape situasjonsforståelse vil være å oppfatte den relevante informasjonen. I komplekse miljøer kan informasjonsmengden føre til en belastning for muligheten til å skape en situasjonsforståelse. Dette kan medføre at man ikke har mulighet til å oppfatte den relevante informasjonen, at man ikke forstår hva informasjonen betyr for aktiviteten eller at man kan misforstå hva informasjonen betyr for fremtidige aktiviteter. Årsaker til at man ikke oppfatter relevant informasjon kan være at informasjonen ikke er brukbar, at informasjonsmengden blir for stor eller at informasjonen presenteres på en måte som gjør det vanskelig å oppfatte hva informasjonen betyr for den aktuelle aktiviteten (Gutwin et al., 2002). Siden det spesielt kan være vanskelig å oppfatte informasjon som presenteres gjennom informasjonssystemer, er informasjonssystemer nødt til å tydeliggjøre den informasjonen som er viktig for de aktuelle situasjonene. For å kunne skape situasjonsbevissthet i et miljø vil det være to faktorer som er viktig å vurdere; graden av interaksjon mellom personer og aktiviteter, og dynamikken til elementene, hvor ofte informasjonen endrer seg. Gutwin og Greenberg presiserer elementer som ikke forandrer seg ikke har behov for eksplisitt støtte (Gutwin et al., 2002). For informasjonssystemer som benyttes i samhandling og samarbeid vil det være viktig å støtte opp om informasjonsdeling, informasjonsutveksling og beslutningstaking (Bassanino et al., 2014). Uten disse elementene er det fare for at bruk av informasjonssystemer fører til vanskeligheter for å kommunisere, oppfatte og forstå informasjon (Carrara et al., 2012).

Som nevnt tidligere er situasjonsforståelse et resultat av interaksjon eller kommunikasjon mellom aktører i et miljø. Selv om kommunikasjon og interaksjon ofte beskriver det samme elementet, blir det har skilt mellom interaksjon og kommunikasjon. Interaksjon referer til kommunikasjonen mellom aktørene og miljøet, mens kommunikasjon beskriver formen av kommunikasjon.

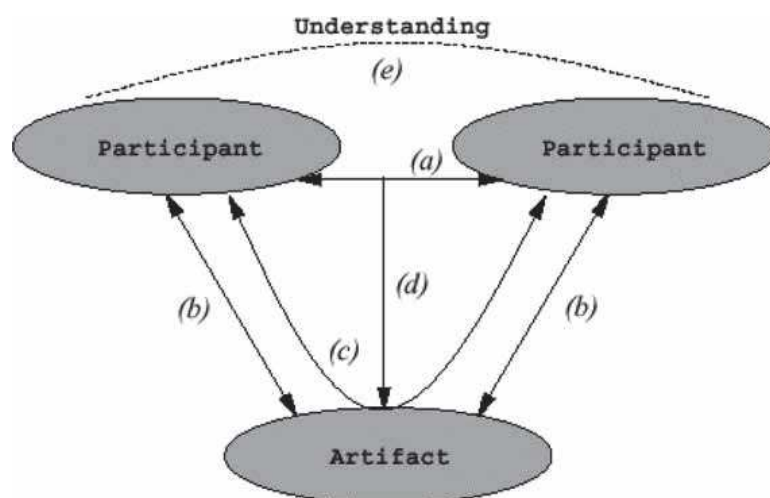
2.2.1.1 Kommunikasjon

Kommunikasjon kan være konsekvensiell kommunikasjon, intensjonell kommunikasjon eller feedthrough. Konsekvensiell kommunikasjon er kommunikasjon utført gjennom kroppsspråk. Dette vil være holdninger, bevegelse på kroppsdeler og andre elementer som sier noe om hva andre kan føle eller tenke i forhold til aktiviteter eller oppgaver. Det å høre eller å se andre vil være konsekvensiell kommunikasjon (Gutwin et al., 2002). Kommunikasjon kan også foregå gjennom artefakter. Kommunikasjon gjennom artefakter vil være visuell kommunikasjon. Artefakter vil gi fra seg informasjon i form av selve objektet som bilde eller tekst, eller når objektet blir endret på gjennom manipulasjon eller håndtering av artefakter. Kommunikasjon gjennom artefakter beskrives som feedthrough. Den mest vanlige formen for kommunikasjon vil være intensjonell kommunikasjon. Intensjonell kommunikasjon vil først og fremst være verbal kommunikasjon, men inkluderer også gester.

2.2.1.2 Interaksjon

Hvordan kommunikasjon mellom ulike aktører kan foregå er illustrert i figur 8. Behovet for samarbeid og samhandling vil i stor grad avgjøre hvilken tilnærming man velger. Interaksjon og kommunikasjon kan være et behov for å skape felles forståelse eller for å muliggjøre et mål (e). Interaksjonen kan foregå direkte (a) eller indirekte (b og c).

Indirekte bruk av artefakter kan foregå på to måter, enten hvor man bruker artefaktene for å forsterke eksplisitt kommunikasjon gjennom direkte manipulasjon (c), eller gjennom kommunikasjon hvor man henviser til artefaktene (d). Artefaktene kan også fungere som informasjonsbærere (b), hvor kommunikasjon kan innebære at informasjonen knyttet til artefaktene endres (Bassanino et al., 2014).



Figur 8: Interaksjon med artefakt (Bassanino et al., 2014)

Modellen i figur 8 illustrerer hvordan interaksjonen kan foregå gjennom artefakter. Artefakter refererer til dokumenter, tegninger, bilder, tredimensjonale modeller og m.m. som benyttes i designprosesser. Artefakter er et begrep som omtaler delte gjenstander som brukes for å skape gjensidig forståelse i gruppearbeid. Artefakter fungerer som et felles grunnlag til å skape felles forståelse. Målet med artefakter å redusere kompleksitet av artikulasjonsarbeid. Situasjonsforståelse av artefakter er knyttet til kunnskapen om hvilke objekter andre personer jobber med (Gutwin et al., 2002).

Artefakter vil være et grunnlag til å skape situasjonsforståelse gjennom kommunikasjon (d) eller manipulasjon (c). Forståelsen som skapes ved bruk av artefakter vil derimot kunne være forskjellig fra person til person. Det er gjennom samhandling og samarbeid med andre personer at man kan utforske og utvikle muligheter til å forstå en situasjon og forstå design-alternativer (Gomes et al., 2018). Dette krever at deltakere at personer deltar i flerfaglige interaksjoner, hvor personer er nødt til å reflektere over felles løsninger, så vel som å dele informasjon.

2.2.2 Samhandling

I komplekse og dynamiske situasjoner blir arbeid og aktiviteter ofte støttet ved bruk av informasjonssystemer, for å gjøre informasjon lettere å oppfatte (Strand et al., 2012). Enkelte informasjonssystemer vil være særegent for enkelte disipliner, eksempelvis vil bruk av BIM-programvare være særegent for disipliner knyttet til bygg- og anlegg. Store prosjekter knyttet til BIM-modeller har behov for en felles kommunikasjonsstruktur for hele prosjektet, da arbeid knyttet til BIM-modeller er avhengig av kommunikasjon mellom de involverte deltakerne (Hollermann et al., 2012). Kommunikasjon er nødvendig for å sikre ytterligere forståelse for hverandres forpliktelser og behov. Det presiseres at for å kommunisere på tvers av store prosjektgrupper og organisasjonsstrukturer så vil det være kritisk med kanaler som sikrer at personer får riktig informasjon til riktig tid. BIM er en aktuell kanal fordi informasjon er lett tilgjengelig, da informasjon er lenket til hverandre og lagret i modellen.

Med utgangspunkt digital samhandling er disipliner nødt til å kunne jobbe både synkront og asynkront dersom man skal kunne gjennomføre arbeid eller aktiviteter. Asynkron og synkron kommunikasjon kan knyttes til begrepet «kopling» (eng: coupling). Kopling beskriver mengden arbeid en person kan gjennomføre før man har behov for diskusjon, informasjon eller konsultasjon med en annen person (Gutwin et al., 2002). Større grad av kopling kan være et resultat av at man når et steg hvor man er avhengig av involvering fra andre personer eller for å kunne planlegge eller diskutere kommende aktiviteter. På grunn av kompleksiteten i byggeprosjekter vil prosjekter i BAE-næringen kunne karakteriseres et løst komplet system (Lavikka et al., 2012), der et løst komplet system er en kombinasjon av høy og lav grad av kopling.

2.3 Lean

Lean (nor: slank) er en ledelsesfilosofi med en rekke prinsipper og metoder som handler om å strømlinjeforme og effektivisere bruk av ressurser. Lean-teori konseptualiserer konstruksjons-prosessen ut fra verdi og flyt. Verdi-perspektivet tilsier at konstruksjon er en prosess hvor verdi er produsert for kunden. Flyt-perspektivet tilsier at konstruksjon består av aktiviteter egentlig er et sett av distinkte aktiviteter som er nødt til å flyte for å fullføre prosjektet i henhold til tid og kostnader.

Lean-teori definerer 8 punkter som representerer sløseri: overproduksjon, venting, lager, unødvendige forflytninger, omarbeid, overarbeid, transport, uutnyttet kunnskap. Likeså viktig som å redusere sløsing, er å forebygge for sløseri som kan oppstå (Braun, 2014). Punktene er også tilpasset for å bedre representere prosjektering, og er satt opp mot produksjon i tabell 1. Punktene som representerer sløseri i prosjektering er dårlig ledelse, omarbeid, teknologiske løsninger, informasjonslogistikk, unødvendig arbeid og venting.

I produksjon	I prosjektering
«Making do» - Støpesjuka	«Making do» - Støpesjuka
Feil	Dårlig ledelse
Overproduksjon	Omarbeide
Lager	Teknologiske løsninger
Unødvendig arbeid	Informasjonslogistikk
Transport av varer	Unødvendig arbeid
Unødvendig flytting av mennesker	Venting
Venting	

Tabell 1: Sløsing (Parry et al., 2006)

I design viser resultater at det er sløsing i form av omarbeid som forekommer oftest. Omarbeid har også den største kostnadmessige påvirkningen av de formene for sløsing som er beskrevet over. Omarbeid oppstår hovedsakelig på grunn av uklare definisjoner og dårlig planlegging av designoppgaver. En annen faktor for omarbeid kan være at design blir påvirket av påtvingende faktorer, som begrenser og setter nye krav til designet (Koskela et al., 2002). Ved prosjektering og designarbeid er det mye informasjon som skal deles og behandles. Dersom nødvendig informasjon uteblir, vil dette føre til venting og sløseri. Ved å fokusere på informasjonsflyt og prosesser for informasjonsdeling vil det være mulig å redusere den mengden sløseri som oppstår i forbindelse med dette. Optimalisering av arbeidsrelaterte prosesser og metoder vil skape større verdi både for organisasjon og kunde (Abou-Ibrabim et al., 2017). For å kunne gjøre forbedringer er viktig å kontinuerlig utvikle egne prosesser, dette innebærer å finne standarder som muliggjør forbedringer slik at alle jobber på samme måte, skape

beregninger/målinger som sikrer fremdrift og gjennomføring, visualisere prosesser for å synliggjøre rollefordeling og ansvar og utvikle prosesser med innebygd kvalitet som forebygger feil.

Visualisering handler om å se helheten, hvordan oppgaver ligger an, hvilke prosesser som er pressende, hvem som arbeider med hva og hvordan virksomheten ligger an i forhold til mål og resultater. En slik transparens vil støtte opp om, fange opp og løse problemer tidligere enn om det ikke lå til rette for å skape en helhetlig oversikt (Braun, 2014). Visualisering av planleggingen og kontrolleringen av designprosessen er forventet å strømlinjeforme informasjonsflyten blant interessenter, redusere sløsing og omarbeid, fremme koordinering blant involverte interessenter, og øke kvaliteten på design for nedstrøms og sluttbrukere (Abou-Ibrabim et al., 2017). Det finnes en rekke metoder å styre og kontrollere prosjekterings- og designarbeid. Felles for disse metodene er at de fokuserer på å visualisere informasjonen tilgjengelig, og benytte seg av denne til å skape en forståelse for alle involverte aktører. Visualisering av aktiviteter sikrer at alle jobber etter samme forutsetning. Får å visualisere arbeidsaktiviteter og arbeidsresultater vil målinger være den vanligste tilnærmingen. For å kunne ha kontinuerlige forbedringer er det nødvendig med målinger på fremdrift og utførelse. (Parry et al., 2006).

2.3.1 Virtual Design and Construction

Blant de metodene som ser etter å integrere mennesker, prosesser og teknologiske verktøy, er Virtual Design and Construction (VDC) en metode flere bedrifter innen BAE velger å anvende. VDC er definert som:

Bruken av multidisiplinære ytelsesmodeller i design-konstruksjon prosjekter, som inkluderer produkt, arbeidsprosesser og organiseringen av prosjektgrupper for å støtte organisasjonsmål. (Kunz et al., 2009)

Prosjekter som benytter seg av VDC, med BIM til informasjonshåndtering, har ofte levert betydelig merverdi i samhandling mellom systemer, prosesser og prosjektmedlemmer på grunn av metodens utgangspunkt til å dele informasjon og styre prosesser. VDC har i stor grad forbedret beslutnings-takingsprosessen ved å skape en forståelse for virkningen beslutninger har, gjennom lett forståelige visualisering av designvarianter og effekter (Owen et al., 2013). Større fokus på modellbasert informasjonshåndtering, blant annet med BuildingSMART i spissen, legger større press på bedre innsamling og håndtering av ikke-geometriske egenskaper som spesifikasjoner, mengdelister, produkter, datoer og administrative oppgaver.

Målet med VDC er å forstå kompleksitet i prosjektet, forstå fallgruver og adressere disse før konstruksjonen faktisk begynner gjennom å modellere produktet, organisasjonen og prosessene. VDC er et rammeverk som strukturerer og standardiserer bruken av verktøy, teknikker og metodikker. VDC

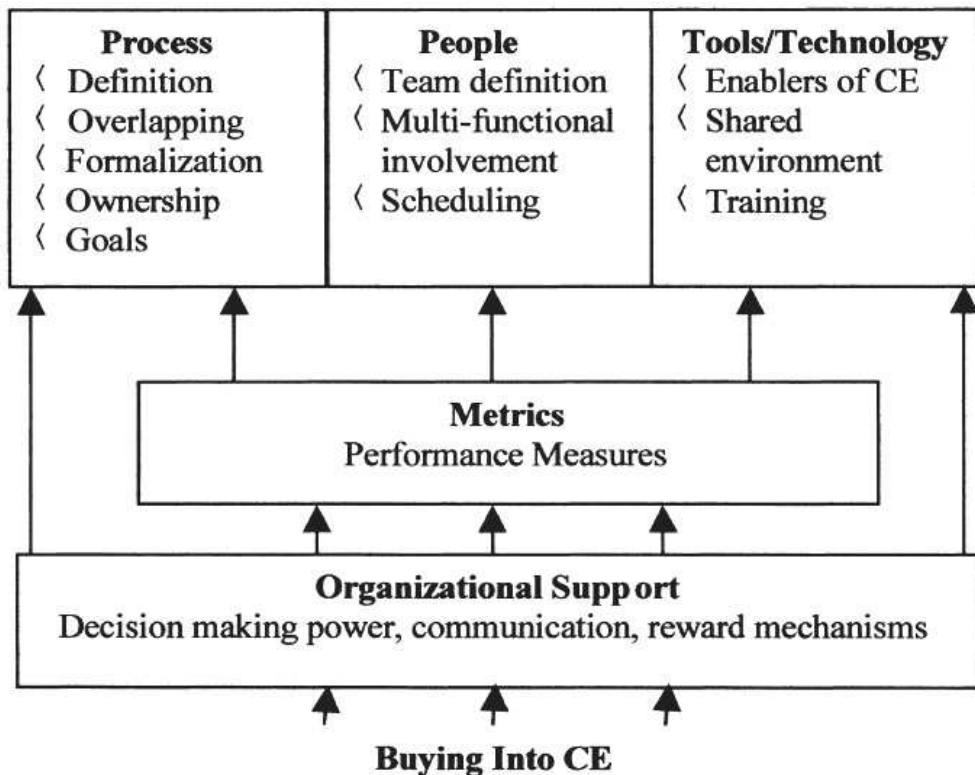
tar utgangspunkt i produktvisualisering, produkt- og prosessmodellering, organisasjons- og nettbaserte samhandlingsverktøy og teknikker for å analysere produktivitet (Kunz et al., 2009). Et viktig aspekt i VDC er å benytte målinger for å evaluere statusen av prosessene i prosjektet. For å kunne styre resultatet av en prosess må du ha noe som forteller deg om prosessens status (Knotten et al., 2014).

2.3.2 Integrated Concurrent Engineering

Concurrent Engineering defineres som en systematisk tilnærming til integrert, samtidig design som handler om å skape innspill fra alle involverte gjennom hele prosjekt livssyklus (Hjeltnes et al., 2018). Concurrent Engineering er en variasjon av Concurrent Design utviklet ved Jet Propulsion Laboratory, NASA. Målet med Concurrent Engineering er å redusere risiko og å redusere anstrengelsene som inngår i å koordinere disipliner og aktiviteter i designarbeidet (Bhuiyan et al., 2006). Det er i kombinasjon med BIM at Concurrent Engineering defineres som Integrated Concurrent Engineering.

Integrated Concurrent Engineering (ICE), også kalt samtidig prosjektering ser etter å forbedre prosjekteringsprosessen og overlevering gjennom integrasjon og koordinering av prosjektdisiplinene og interessenter. ICE ser etter å fasilitere prosjektarbeid gjennom arbeidssesjoner. Dette medfører et større behov for samhandlingsløsninger og effektiv kunnskapsforvaltning. ICE er en metodikk som utviklet for å løse komplekse, tverrfaglige utfordringer med store avhengigheter mellom flere involverte parter. Prosjektering med utgangspunkt i ICE-metodikk gjennomfører regelmessige sesjoner for å vurdere løsninger og ta beslutninger. En sammensetning av prosjektdeltakere med egenskaper og ferdigheter som i stor grad kan jobbe individuelt uten en sentral ledelse, i kombinasjon med rask, nøyaktig og semantisk rik informasjon om prosjekteringsintensjon, valg og forventninger gjør at en tilnærming til prosjektering med ICE kraftig reduserer ventetiden (Kam et al., 2013). Implementasjon av Concurrent Engineering legger fokus på sammensetning som involverer prosesser, personer, teknologi og verktøy, målinger og organisatorisk støtte som illustrert i figur 9 (Bhuiyan et al., 2006).

Integrated Concurrent Engineering tar utgangspunkt i overlappende prosesser. Målet med parallellitet er å redusere planleggings- og prosjekteringstid gjennom overlappende aktiviteter (Mejlænder-Larsen, 2016). For å sikre at aktiviteter med overlappende prosesser skal være vellykket er det nødt til å være høy grad av kommunikasjon mellom disipliner og aktører (Bhuiyan et al., 2006). Kommunikasjon vil være det viktigste elementet å opprettholde i Concurrent Design (NTNU, 2018). Målet med kommunikasjon vil være å skape en situasjonsforståelse for involverte aktører. For å sikre gjennomføringen av parallelle prosesser og aktiviteter i Concurrent Design vil det være viktig å koordinere dette. For å koordinere arbeid og aktiviteter i Concurrent Design blir dette gjort gjennom sesjonsplaner, aksjonslister og beslutningsplaner (NTNU, 2018).



Figur 9: ICE rammeverk (Bhuiyan et al., 2006)

I likhet med sesjonsplanen i Concurrent Design vil det i Concurrent Engineering være behov for planer som koordinerer arbeidet. ICE er i tillegg knyttet til prosesser preget av lange tidsrammer, mange involverte og krevende prosesser. For å koordinere arbeidet vil det være behov for planer som strukturerer prosesser og aktiviteter.

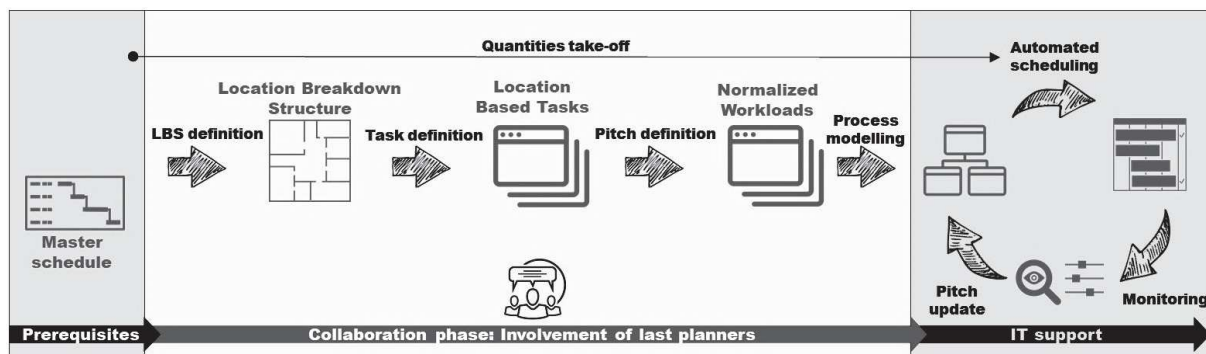
2.3.3 Last Planner System

Det er sett at Last Planner System (LPS) som verktøy til å planlegge fremdrift har fått større fotfeste når gjelder planlegging av fremdrift innen prosjektering. Last Planner system er et verktøy for planlegging utviklet for å sikre forutsigbar arbeidsflyt. Målet med Last Planner er å maksimere produktiviteten av arbeid og ressurser, så vel som å forbedre styringen av utfordringer knyttet til prosjektets variabiliteter og usikkerheter. Ved å benytte seg av Last Planner i design og designadministrasjon er målet å skape en større transparens for prosjektets prosesser og fremdrift. For å gjøre dette bruker man vanligvis tidsplaner, designstrukturmatriser og prosentplan-fullført (eng: Percent-plan-complete) (Tauriainen et al., 2016).

Last Planner er en veletablert planleggingsmetode innen konstruksjon. Dette har også medført en interesse for metoden innen prosjektering. Last Planner har blant annet ført til en økt gjennomførings-

grad av designaktiviteter, hvor prosjektdeltakere har gått fra å være reaktive til mer proaktive ((Kerosuo et al., 2012) hentet fra (Fosse et al., 2016)). Metoden har også medført at prosjektdeltakere fokuserer på å diskutere avhengigheter som er nødvendig for å kunne gjennomføre prosjekter, i stedet for mindre verdifulle oppgaver. For design som benytter seg av Last Planner er det anbefalt å kun planlegge på ett nivå og gjennomføre fremsynsplanlegging i henhold til prosjektets kompleksitet.

Last Planner er en metode for å håndtere designaktiviteter i prosjektering, men også et verktøy for å håndtere arbeidsoppgaver i produksjon. Målet med Last Planner er å sikre håndterbare og gjennomførbare aktiviteter ved å planlegge i detalj ettersom aktiviteter nærmer seg (von Heyl et al., 2017). Planlegging i detalj handler om å avdekke potensielle hindringer ved å fokusere på dokumentasjon, gjennomført arbeid og tilgjengelige ressurser. I forbindelse med Lean metodikk handler LPS om å identifisere og eliminere ikke-verdiskapende aktiviteter. Dette vil være viktig for å redusere syklustider, omarbeid og variasjonsfeil.



Figur 10: LPS og arbeidsflyt (Schimanski et al., 2018)

Planlegging av aktiviteter i LPS gjennomføres med å bryte aktiviteter ned i daglige leveranser, og planlegge disse i rekkefølge. Denne tilnærmingen er illustrert i figur 10. Det å bryte aktiviteter ned i leveranser øker påliteligheten for gjennomføringen av aktiviteter. Planlegging handler om å skape en forståelse for strukturen i prosjektet, så vel som produksjonskjeden. Å planlegge aktiviteter og oppgaver i takt gjør at man får en mer stabil og sikker prosjektgjennomføring (von Heyl et al., 2017). LPS forsøker å legge til rette for flyt i prosjektet gjennom å visualisere oppgaver, prosesser, og avhengigheter. For å gjøre dette krever prosjektet kontinuerlig måling av prosjekteringen, samt systemer for informasjon og kunnskapshåndtering. Last Planner System handler om å tilrettelegge for oppgaver slik at oppgaver som *bør* gjøres *vil* gjøres, ved å fjerne hindringer slik at de *kan* gjøres. Basert på utfordringene knyttet til planlegging av designaktiviteter er det foreslått følgende prinsipper å planlegge i detalj ettersom oppgaver nærmer seg; utvikle arbeidsplan i samarbeid med de som skal gjøre arbeidet, identifisere og fjerne hindringer for oppgaver på forhånd for å gjøre klart arbeid og øke påliteligheten til arbeidsplanene, gjennomføre arbeid basert på koordinering og aktiv forhandling med interessenter og prosjektdeltakere og lære fra feil ved å identifisere rot-årsaker og gjennomføre forebyggende tiltak (Hamzeh et al., 2009).

2.4 Bygningsinformasjonsmodeller

Definisjonen BIM er som oftest enten omtalt som en prosess eller et verktøy. Ved en prosessbasert definisjon av BIM, er BIM en samlebetegnelse på prosedyrer, prosesser og teknologier som sammen utgjør en metodikk for å håndtere bygningsdesign og prosjektdata gjennom hele byggets livsløp (Penttilä, 2006). I denne oppgaven er begrepet BIM definert som et verktøy for å visualisere den geometriske 3D-informasjonen og som et verktøy for å lagre data knyttet til modellelementer og objekter.

Fordi BIM samler mye informasjon på ett sted, kan det til tider være vanskelig å vite den faktiske presisjonen og nøyaktigheten prosjektets design har til enhver tid. Det kan også være vanskelig å nøyaktig kjenne til designets progresjon når modellen samtidig benyttes til mange formål som kostnadsberegning, planlegging, ytelsessimulering, kontrollering og visualisering (Hooper, 2015).

BIM har gått fra å anvendes som et verktøy til visualisering av geometrisk informasjon til å anvendes som et verktøy som inneholder all relevant informasjon til byggets livsløp fra konsept til ferdig bygget. Informasjonen som nå ligger i BIM-modellen er geometrisk informasjon, men også strukturert data og linket dokumentasjon. Med lagring av informasjon i BIM-modellen er BIM også benyttet som deling av designinformasjon for ulike interessenter langs designprosessen og byggeprosessen. BIM som verktøy for deling av informasjon muliggjør raskere tilbakemelding og bedre samhandling som enklere lar beslutningstakere ta bærekraftige designavgjørelser. BIM som informasjonsdatabase har riktignok også utvidet arbeid- og ansvarsområder til prosjekterende, som vil kreve mer kommunikasjon og samarbeid mellom aktører og nøkkelpartnere for å oppnå kostnadseffektive og ønskede resultater (Zou et al., 2013).

Bruken av BIM til å håndtere informasjon er et resultat av fokuset på effektive kunnskapshåndterings-systemer for å kommunisere og bevare kunnskap på tvers av alle fasene i prosjektet. Kunnskap og informasjon er lagret i BIM gjennom attributter i modeller og objekter. Der BIM benyttes for å håndtere informasjon er det viktig at kunnskapen som er tilknyttet modellene er relevant og brukbar med tanke på prosjektgjennomføringen. I tillegg må kunnskapen være intuitiv og enkle å finne (Mejlænder-Larsen, 2018).

2.4.1 Designartefakter

Selv om BIM-programmer er ideelle verktøy til å håndtere informasjon, vil BIM i liten grad støtte samarbeid i sanntid. Bruk av BIM som gruppevare er nødt til å sees i lys av en sosial kontekst (Johansson, 2014). Modeller og objekter i BIM kan sammenlignes med artefakter i CSCW, da modeller og objekter fungerer som visuelle representasjoner for å formidle informasjon. Designartefakter, også beskrevet som representasjonsartefakter representerer designinformasjonen, og vil gjennom visuell representasjon gjøre det mulig for prosjekterende å oppfatte og forstå prosjektinformasjonen.

En utfordring med modeller og objekter som artefakter er derimot modellenes og objektenes natur i prosjekteringen (Paavola et al., 2018). Det spesielle med BIM-modeller er hvordan modellene som objekter eller gjenstander oppfører seg. BIM-modellene fungerer som et «anker» for informasjon på tvers av grupper med forskjellige mål, objektiver og hensikter. For å kunne dele informasjon er objektene nødt til å være konkrete og håndgripelig (Johansson, 2014). Derimot for å samarbeide på tvers av disipliner kan det være behov for å transformere eller endre informasjonen, og objektene må derfor også være epistemiske som beskrevet i figur 11.

Gjenstander i prosjekteringen kan i forhold til figuren enten beskrives som konkrete objekter eller abstrakte objekter. Prosjektering er i stor grad preget av å dele uferdig informasjon, likevel handler prosjektering også om å sette prinsipper. Gjenstander i prosjektering ligger derfor et sted imellom definisjonene i figur 11. Paavola beskriver BIM-modeller som intermediære objekter, hvor intermediære objekter er knyttet til den iterative naturen til designprosessen (Paavola et al., 2018). For å ikke forveksle begrepet intermediære objekter som modeller med objekter og komponenter i modellen, er det valgt å beskrive intermediære objekter som designartefakter, nettopp fordi bruk av intermediære objekter vil samsvare med funksjoner og bruk av artefakter.

	Boundary object	Epistemic object	Technical object	(Co-developed) Intermediary object
Nature of the object	Concrete (e.g. a timeline of a project)	Abstract (e.g. a working hypothesis of a research project)	Concrete (e.g. an equipment used in a project)	Concrete, and reworkable (e.g. a versioned BIM-model)
Role over time	(Relatively) stable	In flux	Static	Modifiable and versioned
Function in activity	Allow interoperability and communication	Generates new open questions and issues for going further in the research	A means or an instrument for accomplishing something	Gives tangible intermediate means for working towards an end result

Figur 11: Objekttyper (Paavola et al., 2018)

2.4.2 Modellstatus

Prosjektering og design vil grunnleggende være det å gå fra antakelser til gradvis mer presis informasjon (Hooper, 2015). Design karakteriseres av sin iterative og multidisiplinære natur. Styring av design innebærer derfor å håndtere positive og negative iterasjoner. Positive iterasjoner øker kvaliteten i designet, negative iterasjoner vil derimot ikke bidra med økt verdi og ansees som sløsing av tid og ressurser. Designiterasjon er nyttig i den grad at prosjekterende og interessenter får en bedre forståelse for prosjektet, samtidig som man oppnår et bedre resultat av dette. Videre vil det å identifisere negative iterasjoner og eliminere disse være en viktig del i det å optimalisere arbeidsflyten (Abou-Ibrahim et al., 2016).

Objekter i BIM-prosjekter har gjerne ulike statuser til forskjellige tider i prosjektet. Videre vil det også være lite sannsynlig for modeller å kun ha en bestemt status ((McPhee, 2013) hentet fra (Hooper, 2015)). Vanligvis vil detaljeringsgrad og informasjonsmengder øke fra tidligfase frem til prosjektert design (Schade et al., 2011). Detaljeringsgrad og informasjonsmengde vil ofte være satt opp mot hverandre og omtalt under begrepet informasjonsmodenhet. Informasjonsmodenhet ser også etter å beskrive informasjonens egenskaper; nøyaktighet, presisjon og fullstendighet, ettersom prosjektet utvikler seg. Begrepet er aktuelt for å beskrive potensialet spesifikk informasjon har for å føre til eventuelle re-iterasjoner, samt hvilken innvirkning re-iterasjoner kan ha på designbeslutninger (Zou et al., 2013).

Informasjonsmodenhet fungerer som et kommunikasjonsspråk mellom prosjektdeltakere til å fremheve modenhet i egne modeller. I BIM-prosjekter er eksplisitt modenhet en nødvendighet for å koordinere og dele aktuell informasjon (Abou-Ibrahim et al., 2018). Informasjonsmodenhet omtales derfor også gjerne som modellmodenhet. Det å beskrive grad av modenhet er vanskelig dersom man ikke har verktøy eller metoder tilgjengelig for å gjennomføre dette. For å kunne sette en status til progresjon og fremgang til BIM-objekter og modeller ble det derfor utformet et verktøy for å kunne sette hjelpe til med dette. For å kunne fasilitere BIM som en arbeidsmetode, utarbeidet bransjen spesifikasjonen Level of Development (LOD) til å administrere utviklingen av BIM-modeller. ((Architects, 2013; BIMForum, 2015) hentet fra (Abou-Ibrahim et al., 2016)). LOD gjør det mulig for etterfølgende brukere og interessenter å forstå modenheten av og hvor mye de kan stole på informasjon på objektnivå. ((OpenBIM, 2013) hentet fra (Hooper, 2015)).

2.4.2.1 Level of Detail og Level of Development

Level of Detail (LoD) er et konsept som ble definert for å kunne estimere kostnad på prosjekteringsmodeller. LoD nivåer ble definert ut fra nøyaktigheten for kostnadsestimeringen med tanke på geometri og innhold (Construction Industry Institute, 2019). Level of Development (LOD) baserer seg på Level of Detail men vektlegger heller mengden informasjon som er tilgjengelig i modellen. Nivåene til den

geometriske informasjonen er illustrert i figur 12. Forskjellen mellom disse er ført opp i tabell 2. Level of Development har også utviklet seg og gitt utspring for Level of Model Information, Level of Information Need og Level of Accuracy som alle er svært like, men er tilpasset forskjellige formål.

Level of Detail	Level of Development
Skapt for å måle kostnad i form av ferdighet av designkomponenter	Skapt for å måle modelleringsfremdrift basert på ferdigheten av designkomponenter
Var ikke tilstrekkelig for å vurdere kvaliteten på designkomponentene.	Forsøker å vurdere kvaliteten til designkomponenter ved å sette modelleringstabeller
Var et første forsøk på å måle modelleringsfremdrift	Basert på rammeverket brukt for Level of Detail spesifikasjoner
Fokuserer kun på utseende av designkomponentene	Fokuserer for det meste på informasjonen inne i modellen

Tabell 2: Sammenligning av LoD og LOD (Construction Industry Institute, 2019)

LOD-spesifikasjonen har som formål å representere modellmodenheten, være et verktøy for kvalitetskontroll, utnytte eksisterende BIM-verktøy, automatisere og redusere arbeidskrevende oppgaver og fasilitere modellutvikling gjennom standardiserte milepæler.

LOD er sett på som et bindeledd for BIM for å knytte sammen informasjonsleveranser med tilhørende beskrivelser på den ene siden, og tilsvarende kontrakts-avtaler og ansvar på den andre (Hooper, 2015). Nivåene for LOD-spesifikasjonen er definert ut fra veiledende standard utarbeidet av BIM-Forum (BIMForum, 2019).

LOD 100: Modellelementet kan være grafisk representert i modellen med et symbol eller en annen generisk representasjon.

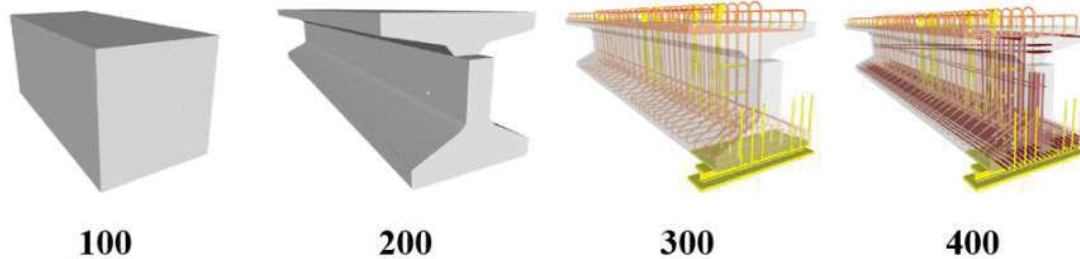
LOD 200: Modellelementet er grafisk representert i modellen som et generisk system, objekt eller montering med omtrentlige mengder, størrelse, form, plassering og orientering.

LOD 300: Modellelementet er grafisk representert i modellen som et bestemt system, objekt eller montering i form av mengde, størrelse, form, plassering og orientering.

LOD 350: Modellelementet er grafisk representert i modellen som et bestemt system, objekt eller montering i form av mengde, størrelse, form, plassering, orientering og grensesnitt med andre byggesystemer.

LOD 400: Modellelementet er grafisk representert i modellen som et bestemt system, objekt eller montering i form av størrelse, form, plassering, kvantitet og orientering med detaljering, fabrikasjon, montering og installasjonsinformasjon.

Anvendelse av LOD i bransjen har ikke kommet så langt som man kunne ønske. Årsaker for dette kan være mangel på forståelse og utnyttelse av LOD i praksis, usikkerhet i forhold til anvendbarhet og utfordringer med å integrere LOD i en BIM-basert arbeidsflyt.



Figur 12: Grafisk representasjon av LOD verdier (BIMForum, 2019)

2.4.2.2 Modellmodenhetsindeks

For å tydelig kunne kommunisere modenhet i modell er utarbeidet et standardisert sett med statuskoder som definerer modenhet i modell og objekter på ulike nivåer. Definisjonen modellmodenhetsindeks setter status på modeller i henhold til kvaliteten på informasjonen i modellen og objektene i modellen. Definisjonen gjør det mulig å vurdere modenheten for modellelementene i et prosjekt.

The Construction Industry Institute (CII) publiserte i 2017 modellmodenhetsindeks (eng. Model Maturity Index) for å beregne fremdrift av modenhet i modellbaserte ingeniørprosjekter (E. Eraya, 2018). Konseptet tar utgangspunkt ingeniørinformasjonen som er lagt til modellen, samt dokumenter og prosessbeskrivelser av designet. Modellmodenhetsindeks (MMI) beskriver modenhetsgraden av objektene i BIM-modeller ved bruk av omforente tallkoder, med utgangspunkt i geometri og informasjonsinnhold.



Figur 13: MMI prosess (Fløisbonn et al., 2018)

MMI-nivåene er her definert med utgangspunkt i utarbeidet publikasjon i samarbeid mellom Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg (EBA), Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF) og Arkitektbedriftene (Fløisbonn et al., 2018).

MMI 100 – Skisse: Det er etablert ett eller flere forslag til løsning. Objekter er å anse som et skisseforslag. Det kan være modellert flere alternative forslag til løsninger, og det kan skje større endringer i design på kort tid.

MMI 200 – Ferdig konsept: Objektene er å anse som gjennomarbeidet med tanke på design av konseptuell løsning. Modellinformasjon om prosjekt er utfylt. Objektene er navngitt.

MMI 300 – Klar for tverrfaglig kontroll: Objektene skal være koordinerte innen enkelt disipliners modeller. Objekter relevant for tverrfaglig koordinering skal være modellert og ikke være i konflikt med andre objekter i samme disiplin. Objekter skal ha riktig størrelse og plassering. Modellinformasjon om prosjektet er utfylt. Objektene er navngitt, beskrevet og har utfylt egenskapsinformasjon.

MMI 350 – Utført tverrfaglig koordinering: Objektene skal være tverrfaglig koordinert med hensyn til alle objekter i tilgrensende disipliner. Først ved slutført koordinering mellom alle tilgrensede disipliner oppnår objektene denne statusen. Objektene er fremstilt og klassifisert i BIM-modellen. Modellinformasjon om prosjektet er utfylt. Objektene er navngitt, beskrevet og har utfylt egenskapsinformasjon

MMI 400 – Produksjonsunderlag: Objektene er kontrollert og godkjent for bygging. Objektene er fremstilt og klassifisert i BIM-modellen. Objektene skal være detaljert med tanke på utførelse. Modellinformasjon om prosjektet er utfylt. Objektene er navngitt, beskrevet og har utfylt egenskapsinformasjon

MMI 500 – Som bygget: Modeller oppdateres i henhold til krav fra «som bygget»-dokumentasjon. Objektene er fremstilt og klassifisert i BIM-modellen og tilsvarer deres respektive komponent i det fysiske bygget/ konstruksjonen. Modellinformasjon om prosjektet er utfylt. Objektene er navngitt, beskrevet og utfylt med egenskapsinformasjon.

2.5 Prosjektstyring med modellstatus

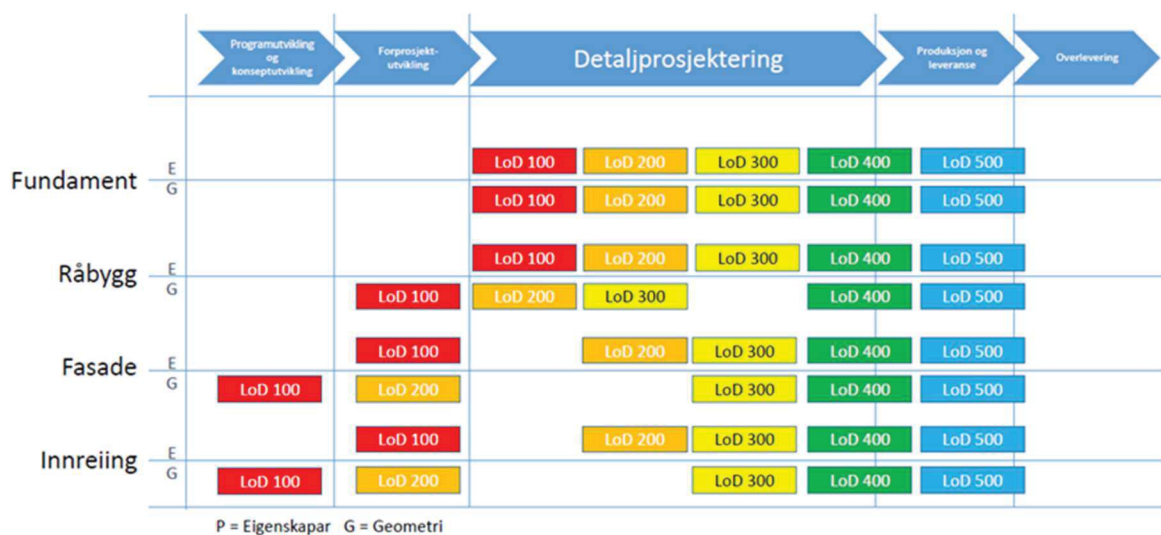
Oppfattelsen i bygg- og anleggsnæringen er at en modelldrevet prosjekteringsprosess har ført til bedre resultater, lavere kostnad og redusert tidsforbruk i byggeprosjekter (Construction Industry Institute, 2019). Ved å planlegge fremdriften i prosjektet rundt MMI nivåer, vil det være mulig å kunne rapportere og følge fremdrift mot plan for å sikre at prosjektmål faktisk blir møtt ved hver milepæl.

2.5.1 Prosjektgjennomføringsplan

Informasjonsmodenhet omtaler informasjon som kan sendes videre i designprosessen uten medfølgende usikkerheter (Zou et al., 2013). Medfølgende usikkerhetsmomenter kan påføre nye designiterasjoner, da usikkerheter i stor grad kan påvirke beslutninger og samhandling hos forskjellige aktører. I forbindelse med Lean design vil det å fjerne usikkerhetsmomenter som kan føre til negative iterasjoner være et nøkkelpunkt for å forbedre designprosesser. For å håndtere informasjon og modenhet ved bruk av BIM, vil det vært hensiktsmessig å kunne knytte modenhet opp mot status i modellen (Hooper, 2015).

Det kan være svært mange beslutninger som skal tas i løpet av prosjekteringsprosessen. Utfordringen her er å kunne ta de viktige beslutningene som påvirker prosjektet til riktige tider i prosjektets forløp. Å ta i bruk planlegging basert på modellmodenhet kan gjøre det enklere å planlegge beslutninger i prosjekteringsprosessen.

For å planlegge beslutninger med modellmodenhet kan det være en løsning å knytte stegene av modenhet opp mot de ulike stegene i detaljprosjekteringsfasen. En foreslått løsning til denne tilnærmingen er modningsplanen, illustrert i figur 14. Modningsplanen er en konseptuell modell for bedrifter som er ute etter å forbedre kontrollen av prosjekteringsprosessen, ved å planlegge utviklingen av BIM-modellen (Grytting, 2017).



Figur 14: LOD Modningsplan (Grytting, 2017)

Modningsplanen er bygd opp av spesifikasjonen LoD (Level of Development) og fasenormen Neste Steg. Planen legger opp til en mer visuell og spesifikk planlegging av beslutninger til utviklingen av valgfrie hovedelementer i en bygningsinformasjonsmodell (Grytting, 2017).

En videreføring av dette konseptet for er å finne i prosjekteringsplanlegging i figur 15 basert på modellmodenhetsindeks (MMI), utviklet av Entreprenørforeningen, Bygg og Anlegg (EBA) og Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF) og Arkitektbedriftene. I likhet med modningsplanen ser prosjekteringsplanen etter å styre modenhet av modellobjekter og tilhørende informasjon.

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 15: Milepælsplan for prosjekt og disipliner (Fløisbonn et al., 2018)

Disse planene gir hver disiplin muligheten til å planlegge og styre egne leveranser, samtidig som disiplinene kan signalisere behov for informasjon og modeller de krever fra andre disipliner. Det argumenteres for at planer for status-spesifikasjoner hever kvaliteten på tverrfaglige kontroller og har potensiale å spare prosjektet for tidsbruk og feilprosjektering. Ved å planlegge fremdriften i prosjektet rundt MMI nivåer, vil det være mulig å kunne rapportere og følge fremdrift mot plan for å sikre at prosjektmål faktisk blir møtt ved hver milepæl.

For å forbedre planlegging i detaljprosjekteringsfasen i henhold til modellmodenhet er det satt en del forutsetninger som må tilfredsstilles, for at planleggingen skal være vellykket må viktigheten av fremdriftsplanen i prosjektgjennomføringen presiseres, BIM må brukes sammen som et kommunikasjons- og utviklingsverktøy og modenhet må brukes i planleggingen av designprosessen (Svalestuen, 2018).

2.5.2 Kontrollering av fremdrift

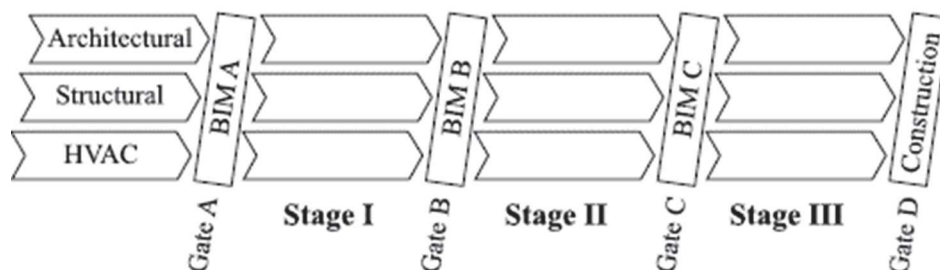
Larsen beskriver kontrollering og rapportering av fremdrift i detaljprosjektering ved bruk av BIM som en tre-steps prosess (Mejlænder-Larsen, 2018).

- Steg 1: Forbered på å rapportere fremdrift: Bygningsinformasjonsmodeller bør oppnå et høyere kvalitetsnivå ved hver milepæl. Bygningsinformasjonsmodeller bør også deles inn i kontroll-objekter, der kontrollobjektene oppnår et bestemt kvalitetsnivå ved hver milepæl.
- Steg 2: Generer framdriftsrapport: Framdriftsrapport basert på progresjonsdata fra BIM-programvare er utviklet for å presentere designet kvalitet og modenhet.
- Steg 3: Knytt fremdrift til prosjekteringsplan: For å kunne rapportere fremdrift basert på BIM-prosjektplan, må fremdriftsdata importeres til en programvare som knytter fremgangen til relevante aktiviteter.

Disse stegene er basert fra forskning basert på prosjekter gjennomført i olje- og gass næringen. Retningslinjene vurderes derfor å også være aktuell for å rapportere fremdrift innen bygg- og anleggs-prosjekter.

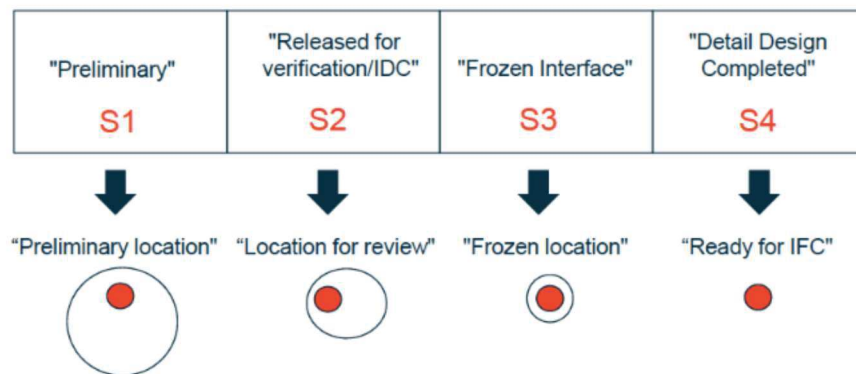
Steg 1: Forbered på å rapportere fremdrift

Prosjekt- og løsningsforslag vil i detaljprosjekteringen gradvis defineres. For å kunne effektivisere komplekse koordineringsoppgaver som oppstår i forbindelse med tverrfaglig samtidig prosjektering er det foreslått en tilnærming hvor designmodenhet blir kontrollert og vurdert ved prosjektmilepæler (Jaeger et al., 2007). Milepælene kan sammenlignes med nivåer for modenhet i prosjekteringen. Disse modenhetsnivåene vil fungere som et rammeverk for design å forholde seg til, samtidig som den reflekterer detaljnivået til designet. Detaljprosjekteringsfasen må dermed deles opp i modenhetsnivåer tilpasset nødvendig informasjon krevet for å kunne gjennomføre beslutningstaking til bestemte tidspunkter i prosjekteringsfasen (Schade et al., 2011).



Figur 16: Kvalitetsporter (Schade et al., 2011)

Bygningsmodeller kan være store og komplekse, noe som gjør at de kan være vanskelig å forholde seg til. En utfordring ved å planlegge fremdrift for modeller vil derfor være at det er svært tidkrevende å planlegge på elementnivå. Larsen foreslår at modeller bør deles inn kontrollobjekter (Mejlænder-Larsen, 2018). Her er det definert to former for kontrollobjekter. Kontrollobjekter kan bestå av modellelementer som er knyttet sammen til en større enhet, enten så kan kontrollobjekter bestå av flere modellelementer av samme type. Larsen presiserer også at detaljnivået hvert kontrollobjekt skal oppnå bør være definert av status-spesifikasjoner (Mejlænder-Larsen, 2018). Status-spesifikasjonene beskriver detaljeringsnivået for kontrollobjektene ved de ulike milepælene.



Figur 17: Objektstatus knyttet til geografisk plassering (Mejlænder-Larsen, 2018)

Status-spesifikasjoner er utformet slik at design går fra en nokså generell detaljeringsgrad til en mer definert detaljeringsgrad hvor designet er bestemt. I figur 17 beskriver status-spesifikasjonen først en generell posisjon for kontrollobjektet i S1, til den er låst og bestemt i S4. Spesifikasjonen trenger ikke bare definere posisjon, men kan også omhandle annen informasjon som geometrisk data, beskrivelser og dokumentasjon.

Ved å definere kontrollobjekter og knytte disse opp mot milepæler i kombinasjon med status-spesifikasjoner, hvor spesifikasjonene beskriver detaljeringsnivået som kontrollobjektet må oppnå, vil det være mulig å kunne sammenligne planlagt fremdrift opp mot faktisk fremdrift. Når kontrollobjektene når de aktuelle milepæler er det viktig å oppdatere kontrollobjektene status, når en høyere status er oppnådd. Med en status på alle kontrollobjekter, vil det være mulig å utarbeide en status-beskrivelse for hele, eller deler av prosjektet. Det presiseres at modenhet av kontrollobjekter består av både kvalitet og kvantitet. En forutsetning for at kontrollobjekter skal få høyere modellmodenhet, må alle tilknyttede objekter ha den samme modenheten.

Steg 2: Generer en framdriftsrapport

Når alle kontrollobjekter er blitt tildelt en status vil det være mulig å generere en framdriftsrapport. Framdriftsrapporter er utviklet for å presentere prosjektmodellens kvalitet og modenhet. Presentasjon av modellmodenhet kan gjennomføres på flere måter. Der målet er å skape en forståelse for prosjektets tilstand kan det å visualisere modellens kontrollobjekter med farger tilsvarende sine status-nivåer være en mulig løsning. Ved å eksportere dataen til kalkulasjonsprogrammer, vil det være mulig å beregne ferdighetsgraden hos de ulike bygningselementene, fagområdene eller designaktivitetene. Fremdriften i prosjektet måles ved å sette prosjekterte modeller opp mot planlagte modeller i prosjektet. For å få en nøyaktig måling i prosjektet vekt-settes modenheten i rapporten for å gi en reell indikasjon på ferdighetsgraden i prosjektet, slik at modeller med en høyere MMI verdi utgjør mer enn modeller med en lav MMI-verdi.

Steg 3: Legg til faktisk fremdrift i fremdriftsplanen

For at man skal kunne sammenligne faktisk fremdrift opp mot planlagt fremdrift er det først og fremst viktig at aktivitetene i fremdriftsplanen og framdriftsrapporten samsvarer, enten direkte eller indirekte. For å sette faktisk fremdrift opp mot planlagt fremdrift vil det være nødvendig å hente ut aktuelle data, for å så sammenstille fremdrift med fremdriftsplan, eventuelt importere fremdriftsdata direkte inn i fremdriftsplanen. Denne sammenligningen ser da på om kontrollobjektene har oppnådd de statusene de tilsvarende milepælene setter et krav til. Det finnes flere måter å kartlegge fremdrift på, enten manuelt i egne verktøy, eller automatisk gjennom informasjonssystemer som sporer prosjektmålinger, blant annet statusoppdateringer. For å kunne rapportere fremdrift på en effektiv og enkel måte, vil det være hensiktsmessig å kartlegge fremdrift på en måte som enkelt tillater å sammenligne faktisk fremdrift opp mot planlagt fremdrift. Valg av verktøy for rapportering av fremdrift bør dermed skje med utgangspunkt i hvordan man får hentet ut den aktuelle dataen. Planlegging av fremdrift bør også ta hensyn til hvilke muligheter som finnes til å rapportere fremdrift for å kunne sette designaktivitetene opp mot hverandre.

2.5.3 Målinger

Modenhets-spesifikasjoner kan reflektere designutviklingen ved milepæler, men det kan ikke kontinuerlig spore den faktiske designfremgangen som skjer i et tverrfaglig miljø. Modenhet kan brukes til å reflektere planleggingskvalitet og designeres produktivitet dersom man sammenligner planlagte og faktiske modenhets-nivåer på et gitt tidspunkt, med dette gir bare en indikasjon. Modenhet vil heller ikke reflektere prosjektets tid eller kostnadseffektivitet (Abou-Ibrahim et al., 2018). Dagens klassifikasjoner av modenhet kan kun måle utviklingen av modenhet ved milepæler. Faktisk modenhet

kan likevel være forskjellig fra tilsvarende milepæl. På et tidspunkt kan modenhet f.eks. verken være LOD 200 eller 300, men ligge et sted imellom (Abou-Ibrahim et al., 2016).



Figur 18: Prosentvis ferdig mot neste status (Construction Industry Institute, 2019)

Selv om modenhet ligger et sted mellom milepæler kan det være mulig å illustrere fremdriften mellom milepæler. Figur 18 viser hvordan man kan illustrere modenhet i prosjektet frem mot neste milepæl. Dette gjøres ved å definere krav til modenhet i modeller, og kalkulere fremdriften etter dette.

Categories	Criteria	Piping Questionnaire	
		UPPER DECK	Risk
Project Data	Generic model of scope components created with approximate size, material, and location	Yes	
	Design performance parameters, as defined by the project, are associated with model design components as graphic or non-graphic information	Yes	
	Existing conditions have been quantified and graphically represented	Yes	
	Space allocated for in-line electrical and instrument piping items is: _____	Confirmed	—
Routing	The routing of the lines has achieved a status which is: _____	Confirmed	●
	Space is allocated for placing valves, instruments, engineered items and piping required for control sets and expansion loops	Yes	
	Nozzle orientation, ladders, and platforming are considered	Yes	
	Tie-in routing to existing pipe (e.g. battery limits/ brownfield) is graphically modeled with size, material, spacing, location, routing, and slope of pipe which are all: _____	Confirmed	—
Specifications	Project-specific piping specifications are: _____	Loaded (confirmed)	●
Valves	Valves are graphically modeled with type, size, orientation and location are all: _____	Confirmed	
Instruments	Instruments are graphically modeled with size, material, spacing, location, routing, and slope of pipe are all: _____	Confirmed	
Pipe Supports	Engineering pipe supports are graphically modeled with locations which are: _____	Confirmed	
	Standard pipe supports are graphically modeled with locations which are: _____	Confirmed	
Vents and Drains	Vents and drains are graphically modeled with size, material, spacing, location, routing, and slope of pipe are all: _____	Confirmed	—
	Required graphic or non-graphic information associated with maturity level of model design components include:		
Generic Items	Pipe support standards are: _____	Approved	
	Line identification with line class specification is: _____	Confirmed	—
	Manual valves are: _____	Design-specified	
	In-line equipment data (non E&I items, such as meters, filters, strainers, mixers) is: _____	Approved	
	In-line instrument and electrical data is: _____	Approved	
	Actuator size for control and shut-down valves are: _____	Design-specified	
	Control, shutdown and pressure relief valve sizes which are: _____	Design-specified	
	Cable tray sizing and routing which are: _____	Approved	
	Stress analysis is conducted and is: _____	Approved	
	Clash detection is conducted and is: _____	All clashes have been cleared	



Figur 19: Spørreskjema for evaluering av ferdighetsgrad (Construction Industry Institute, 2019)

Figur 19 viser hvordan fremdrift er beregnet på kontrollområder. CII presiserer at MMI bør defineres på kontrollområder, og ikke på modellkomponenter (Construction Industry Institute, 2019). Det argumenteres for at det å rapportere MMI på komponenter ved å bruke regneark vil være tid- og ressurskrevende. Det presiseres at denne verdien kun bør benyttes internt, da MMI verdien fortsatt bare representerer modenhet for kontrollområdet. Denne tilnærmingen vil være aktuell for å rapportere fremdrift for kontrollområder da kontrollområdene først får opphøyet MMI status når alle elementer i modellen når den samme MMI-verdien.

3 Metode

I forbindelse med en vitenskapelig undersøkelse skal det foretas en rekke valg knyttet til forskningsmetoden. Det er viktig at forskningsdesignet er transparent, logisk konsekvent og koherent. Ved å gjøre den metodiske tilnærmingen transparent håper jeg å styrke forskningsdesignet, ved å gjøre designet eksplisitt både for seg selv og andre. Samtidig vil dette vise både de sterke og potensielle svake sidene ved den metodiske tilnærmingen (Krumsvik, 2013). For å styrke oppgavens metodiske tilnærming vil jeg i metodekapittelet beskrive som godt som mulig de valgene som er foretatt.

Ulike tilnærminger til forskning gir forskjellige datagrunnlag. Valg av endelig metode er et resultat av flere avgrensninger jeg har gjennomført for å finne relevante metoder for forskningen. Jeg har derfor først valgt et vitenskapsteoretisk utgangspunkt som samsvarer med problemstillingen. Jeg ser deretter på forskningsdesign før jeg velger de metodene jeg anser som aktuell for forskningen. Videre beskriver jeg hvilken tilnærming som er tatt for analyse av empiri og data.

3.1 Sentrale aspekter ved kvalitativ forskning

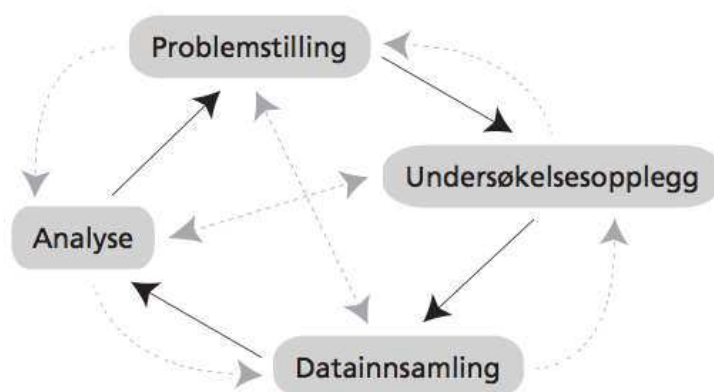
3.1.1 Vitenskapsteoretisk utgangspunkt

Valg av vitenskapelig utgangspunkt er den første avgjørelsen som er gjort i den metodiske tilnærmelsen. Vitenskapsteorien handler om forholdet mellom virkelighet og representasjon, og hvilke karakteristikk som skiller vitenskapelig kunnskap fra hverandre. Formålet med å definere et vitenskapelig utgangspunkt handler om å forklare hvordan man går frem for å representere virkeligheten (Busch, 2013). Her vil det være naturlig å diskutere ulike vitenskapsteoretiske utgangspunkt. Det flere utgangspunkt som er verdt å merke seg, men de mest grunnleggende vil være ontologi, epistemologi og metodologi.

Forskningsprosessen består av tre sammenkoblede aktiviteter som blant annet knytter sammen teori, metode, analyse, ontologi, epistemologi og metodologi. Ontologi er knyttet til våre forestillinger om hvordan verden ser ut, epistemologi er knyttet til hvordan og i hvor stor grad vi kan skaffe oss kunnskap om verden og metodologi handler om de grunnleggende metodene som benyttes for å oppnå kunnskap (Tjora, 2012). Utgangspunktet for forskningen er at forskeren møter verden fra eget ståsted og rammeverk (teori, ontologi) med en rekke spørsmål (epistemologi) som forskeren undersøker på ulike

måter (metodologi, analyse) (Denzin et al., 2011). Kombinasjonen og utformingen av disse elementene utgjør det vitenskapsteoretiske perspektivet man tar, dette er gjerne omtalt under begrepet paradigme, forskningsstudiets fortolkningsramme. Paradigme og vitenskapsteori kan også beskrives som forskningsstudiets forankring til ontologi, epistemologi og metodologi. De mest generelle paradigmene som finnes innenfor kvalitativ forskning er positivisme og post-positivisme, fortolkende, kritisk og feminist-poststrukturalistisk (Denzin et al., 2011). Fortolkende paradigme tar utgangspunkt i relativistisk ontologi, subjektiv epistemologi og naturalistiske metoder hvor funn vanligvis er sett opp imot teori. Denne oppgaven ser etter å undersøke et konstruert fenomen, og jeg tar derfor en fortolkningsbasert tilnærming til forskningen.

En prinsipiell dimensjon i valg av vitenskapsteoretisk utgangspunkt er forholdet mellom induktiv og deduktiv forskning. En induktiv metode er særpreget av at forskeren nærmer seg empirien uten noen forventinger om hvordan verden ser ut. Etter grundig analyse av empirien utvikles mer generelle teorier. Forskerne går altså fra empiri til teori (Busch, 2013). I en deduktiv metode tar forskeren utgangspunkt i eksisterende teorier som er utviklet gjennom tidligere forskning. Ut fra disse fremsettes hypoteser om hva som vil finnes. Formålet er å bekrefte eller avkrefte hypotesene. Vi kan si at forskeren går fra teori til empiri (Busch, 2013). En mer pragmatisk tilnærming er å legge seg i midten. Dette kalles en abduktiv tilnærming, som er kjennetegnet av at forskeren hele tiden beveger seg mellom teori og empiri. Det teoretiske utgangspunktet justeres etter hvert som empirien samles og datainnsamlingen endres etter hvert som det utvikles nye teorier. (Busch, 2013) Denne tilnærmingen starter fra empirien, men ser likevel at teori og perspektiver spiller inn i forkant eller i løpet av forskningsprosessen (Tjora, 2012). Jeg har i denne oppgaven valgt å benytte meg av en abduktiv tilnærming til forskningen, med en kontinuerlig veksling mellom teori og empiri. Forskningen blir da en pågående prosess hvor man veksler mellom induktiv og en deduktiv metode. Denne abduktive metoden er representert i figur 20, som illustrer hvordan denne prosessen fungerer.



Figur 20: Kvalitativ tilnærming som en prosess (Jacobsen, 2003)

For studien prøver jeg først å fremst å skape en forståelse av det teoretiske grunnlaget før innsamling av empirien begynner. Jeg går derfor fra teori til empiri, dvs. en deduktiv tilnærming til forskningen. Videre når empirien er samlet inn vil det være hensiktsmessig å se empirien i lys av den aktuelle problemstillingen. Dette kan føre til at man på ny må vurdere den teorien som ligger til grunn for diskusjon og problemløsning. Den metodiske tilnærmingen vil dermed også være preget av en induktiv tilnærming. Metoden vil ikke bare gjennomføres i disse to fasene, men vil bytte mellom induktiv og deduktiv metode gjennom hele prosessen. Forskningsprosessen er preget av en fortolkningsbasert tilnærming, og selv om det er valgt å benytte seg av en abduktiv metode, vil forskningen likevel være induktiv-empirisk drevet.

3.1.2 Valg av forskningsdesign

Epistemologi stiller spørsmål til hva kunnskap er. Det å ta et epistemologisk ståsted sier noe om hvilken tilnærming til kunnskapsinnhenting og kunnskapskonstruksjon man tar. Epistemologien vil derfor være en distinksjon på valg av forskningsdesign, altså valg av kvalitativ eller kvantitativ metode (Krumsvik, 2013). I denne oppgaven er det ønskelig å kunne reflektere rundt både empiri og teori. Problemstillingen er kompleks og tid er en begrensende faktor for valg av forskningsdesign. Jeg velger derfor å ta for meg et intensivt design, som kjennetegnes av at man går intensivt i dybden på færre kilder.

Når man snakker om kvalitative undersøkelser vil det vanligvis bety at man er interessert i hvordan noe gjøres, sies, oppleves, fremstår eller utvikles (Brinkmann, 2012). De kvalitative studiene søker etter prosesser og mekanismer, virkelighetsoppfatninger, og hva slags betydning dette har (Tjora, 2012). Kvalitative undersøkelser ser etter å redegjøre for hvorfor oppfatninger og holdninger oppstår, samt identifisere temaer og forhold som har en innvirkning på dette. I den forstand prøver man typisk å forstå personer «innenfra», i motsetning til «utenfra» og på avstand. Ut fra dette kan man trekke en slutning om at kvalitative studier først og fremst er opptatt av dybdeforståelse og det kontekstavhengige. I kvantitative undersøkelser ser man etter å undersøke enighet i en påstand basert på ulike variabler respondentene har (Tjora, 2012). Kvantitativ forskning tar ofte utgangspunkt i en eller flere hypoteser, der målet er å avkrefte eller bekrefte disse. Hypotesene vil her som regel være utledet fra teori og tidligere forskning. Tradisjonelle fokus i kvantitative undersøkelser vil være å finne ut hvor vanlig fenomener er, hvor hyppig de forekommer, hvordan de fordeler seg og hvordan de varierer (Pettersen, 2016). Kvantitative metoder beskrives derfor som mest opptatt av årsaksforklaring, store utvalg og talldata. Siden jeg ønsker jeg å undersøke problemstillingen i dybden vil det være mest aktuelt å benytte seg av en kvalitativ tilnærming. Kvalitativ forskning er også den mest vanlige metodiske tilnærmingen for intensivt design (Busch, 2013). Videre har kvalitativ forskning en sterk forankring i hermeneutikken, en fortolkningsbasert tilnærming (Brottveit, 2018). Den kvalitative tilnærmingen vil kunne identifisere temaer og forhold som ikke er vurdert på forhånd. Slike funn kan ha en stor påvirkning for aktualiteten

og løsningen presentert i den endelige oppgaven, og for forskning som ser etter å utrede om et konstruert fenomen vil det å kunne fange opp potensielle avhengigheter, styrker og svakheter i dagens løsning være helt nødvendig.

En rekke hoveddesign representerer en kobling av ulike vitenskapsteoretiske og metodiske utfordringer, for gjennomføring av kvalitativ og kvantitative undersøkelser. De viktigste vil være eksperimenter, evalueringsforskning, etnografiske studier, fenomenologiske studier, casestudier og aksjonsforskning. Det viktigste kriteriet for valg av casestudie er at fenomenet må forstås innenfor konteksten (Busch, 2013). Casestudier er vanligvis benyttet når forskning jobber ut fra hvordan og hvorfor spørsmål, når forskeren har liten kontroll over fenomenet og når fokuset ligger på et midlertidig fenomen i en reel kontekst. En caseundersøkelse kan beskrives som en empirisk tilnærming som undersøker et midlertidig fenomen der grensen mellom kontekst og fenomen er uklar (Yin, 2014). Caseundersøkelser er derfor aktuelt der hvor man vil dekke kontekstuelle forhold, hvor konteksten er relevant for fenomenets forståelse. I fenomenologiske studier er målet å avdekke meninger om de fenomenene som studeres, og har som utgangspunkt at individer utvikler sine kunnskaper i tett interaksjon med sine omgivelser (Busch, 2013). Studiet av fenomenologi vil i kvalitativ forskning være en strategi for å undersøke hvordan folk konstruerer sin forståelse av verden. Fenomenologi er en metode som oftest vil ha et fortolkningsbasert vitenskapsteoretisk ståsted. Metoden kan både ha en induktiv og pragmatisk innretning. I forbindelse med oppgaven vil et fenomenologisk ståsted gi grunnlag til å utforske en dypere forståelse rundt de prosessene som benyttes i en organisasjon. I denne oppgaven har det hovedsakelig vært av interesse å reflektere rundt erfaringer og kontekstavhengige situasjoner, og jeg har derfor valgt å benytte meg av casestudier for å skape en forståelse for situasjonen fenomenet opptrer i. Selv om konteksten er viktig for å forstå fenomenet, er likevel målet å skape en dypere forståelse for fenomenet i seg selv, og den metodiske tilnærmingen i denne oppgaven kan derfor beskrives som en casestudie gjennomført med en fenomenologisk tilnærming. Casestudiet legger grunnlaget for den situasjonsmessige konteksten, mens bruk av dyptgående kvalitative intervjuer, hvor respondentene får anledning til å beskrive sine erfaringer og refleksjoner rundt fenomenet, setter et fenomenologisk utgangspunkt.

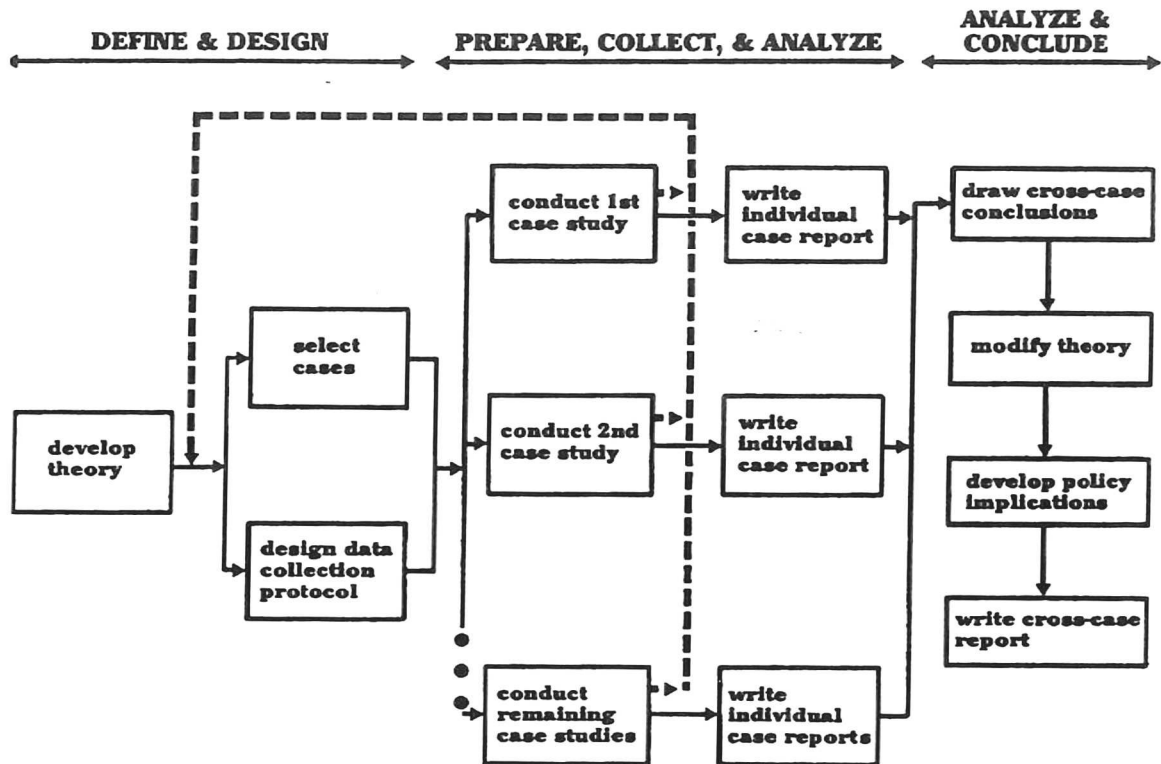
3.1.3 Avgrensning og valg av metode for datainnsamling

En utfordring med kvalitative undersøkelser er hvordan man skal avgrense det empiriske arbeidet. Forskningen gjennomføres som en del av en masteroppgave, dette gjør at forskningen i stor grad er begrenset til masteroppgavens varighet. Dataen er derfor samlet inn i løpet av et begrenset tidsrom. Med utgangspunkt i begrenset varighet er det gjennomført en tverrsnittundersøkelse, da tiden til rådighet ikke gjør det mulig å samle inn data fra samme informant eller prosjektgruppe over flere tidspunkter. Forskningen kan enten avgrenses ved å bruke en eller flere caser, eller ved å plukke ut eller invitere deltakere til en undersøkelse ut fra spesielle kriterier, også kjent som kriterieutvalg. En hovedregel er at

casestudier er benyttet for å generere kunnskap om selve casen (Tjora, 2012). Jeg har valgt å benytte meg av caseundersøkelser for å etablere en kontekst til forskningsfenomenet. Bruk av caseundersøkelser setter dermed en avgrensning for hva og hvem undersøkelser inkluderer og ekskluderer. I denne oppgaven er forskningen først og fremst avgrenset av forskningsspørsmålene. At forskningen tar utgangspunkt i forskningsspørsmålene, og ikke er knyttet til undersøkelse av en bestemt case, gjør det mulig å gjennomføre flere caseundersøkelser. I denne oppgaven har jeg valgt å ta denne tilnærmingen, samtidig som det å studere flere caser gjør forskningsresultatene mer generaliserbar. Caser kan være svært kontekststøt, og det kan derfor være vanskelig å finne gode løsninger som er aktuell på tvers av forskningsgrunnlag. Ved å basere forskningen på flere caser, vil det derimot være mulig å trekke slutninger som er generaliserbar på tvers av kontekster og casesituasjoner. Konklusjoner utarbeidet med grunnlag i flere caser vil dermed være sterkere enn fra forskning basert på enkeltstudier (Yin, 2014).

Valg av metode er vurdert ut fra faglige hensyn og praktiske forhold. En kombinasjon av flere forskjellige kvalitative forskningsmetoder er vurdert som en god løsning for å innhente data knyttet til kontekststøt situasjoner. Typiske metodiske tilnærminger basert på fenomenologi vil være bruk av dybdeintervju. Dybdeintervju vurderes som den mest aktuelle metoden for å samle data, da den i størst grad fokuserer på å hente data fra førstehåndsperspektiv, for hvem kjenner detaljene bedre enn de som faktisk arbeider med det? Dokumentstudie er sett på som hensiktsmessig for å skape en forståelse av hvordan fenomenet blir håndtert og behandlet. For å kunne gi et helhetlig bilde over prosesser og særtrekk ved det miljøet som blir studert er det valgt å benytte metodene dybdeintervju og dokumentstudie.

For å illustrere den metodiske tilnærmingen benyttet i denne oppgaven har jeg hentet en illustrasjon, figur 21 fra boken *Case Study Research: Design and Methods* (Yin, 2014) som jeg mener samsvarer med den tilnærmingen jeg har valgt. Det ble først etablert et teorigrunnlag, som sammen med problemstilling setter forutsetninger for valg av case. Funn og resultater for hver case er deretter oppsummert og sammenlignet opp mot hverandre og teorigrunnlag. En viktig del i illustrasjonen er den stiplede linjen, som representerer hvordan funn og resultater kan påføre redesign av teorigrunnlag eller valg av case og caseundersøkelse. Denne stiplede linjen kan settes i sammenheng med den kontinuerlige vekslingen mellom teori og empiri beskrevet i oppgavens vitenskapsteoretiske utgangspunkt, og illustrerer hvordan den abduktive tilnærmingen er gjennomført.



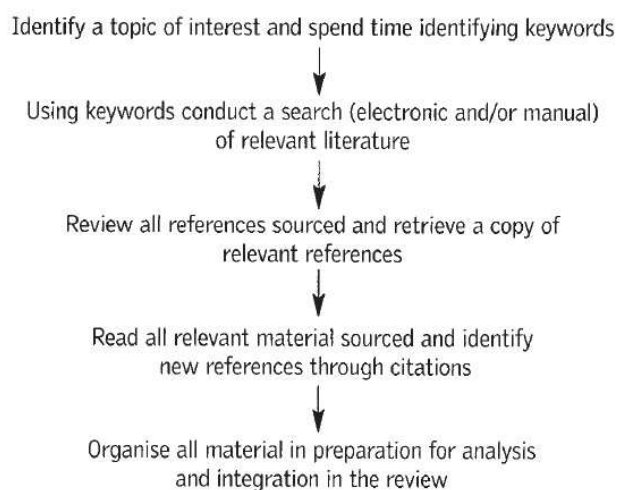
Figur 21: Case Study Method (Yin, 2014)

3.2 Litteraturstudie

Litteraturstudie er gjort i forbindelse med å finne aktuell litteratur for analyse og refleksjon over funn og resultater fra øvrige datainnsamlinger. Målet med litteraturundersøkelser handler ikke bare om å skape et underlag for analyse og refleksjon, men også øke ens egen bevissthet rundt tidligere forskning (Timmins et al., 2005). Ved å gjennomføre en litteraturstudie systematiserer tilgjengelig litteratur og informasjon på en ryddig og stringent måte. Ved å beskrive litteratursøket ønsker jeg å vise de valgene som er tatt for å støtte forskningen. Litteratursøket skal hovedsakelig ikke presentere nåværende status for dagens forskning, men heller legge frem litteraturen som støtter og forklarer den empiriske diskusjonen og forskningsresultat (Krumsvik, 2013)

Hensikten med litteraturstudiet er å samle relevant informasjon fra flere forskjellige kilder. Dette kan være i forbindelse med å identifisere forskningshull, områder for videre forskning eller etablere grunnlag for vitenskapeteoretisk forskning (Timmins et al., 2005). Det å gjennomføre et grundig litteratursøk er derfor viktig for å legge til rette for forskning som er aktuell og nyskapende. For å kunne gjennomføre en litteraturundersøkelse med en systematisk tilnærming valgte jeg å benytte meg av en stegvis modell anbefalt i artikkelen *how to conduct an effective literature search* (Timmins et al., 2005).

Stages in the search process



Figur 22: Stegvis undersøkelse(Timmins et al., 2005)

Det første steget i modellen er å identifisere interesseområde og søkeord. Jeg definerte tidlig problemstilling og forskningsspørsmål basert på oppgavegrunnlag og enkle litteratursøk. Dette la et grunnlag for tema og videre teori som kunne være relevant. Søkeordene er basert på forskningsspørsmålene i oppgaven, for å finne relevante kilder knyttet til problemstillingen. Tabell 3 presenterer en liste av søkeord og søkekombinasjoner som ble brukt for å finne og avgrense søk tidlig i oppgaven, før teori ble funnet basert på empiri.

Søkeord	Søkekombinasjoner
Model Maturity	Model Maturity AND BIM
Model Maturity Index	Model Maturity Index AND BIM
BIM	Construction design AND LOD
Construction design	BIM AND LOD
4D BIM	Managing design AND BIM
Lean	Managing information AND Engineering
LOD	Project AND Scheduling AND BIM

Tabell 3: Søkeord og søkekombinasjoner

For søkemotor ble det hovedsakelig brukt El Compendex, men også Oria (Bibsys) og Google Scholar. Det ble forsøkt å avgrense søket så mye som mulig, og søkeordkombinasjoner ble derfor brukt for å finne kilder spisset inn mot forskningstemaet. Videre valgte jeg å begrense søket til bøker, artikler og

journaler, slik at søket ble så presist som mulig. Søket ble rangert etter relevans, noe som viste seg å være lurt da det viste seg at de relevante kildene var de som helst ble rangert først i denne sorteringen.

Litteraturgjennomgangen kan også sees i lys av den abduktive tilnærmingen som er valgt i oppgaven. Jeg begynte litteratursøket med en forutsetning basert på den kompetansen og kunnskapen jeg hadde fra tidligere erfaring og litteratur til å søke etter relevante kilder. Dette kan settes i sammenheng med den deduktive tilnærmingen hvor man går fra teori til empiri. Den induktive metoden handler i større grad om å jobbe bakover for å finne relevante kilder, hvor forskeren jobber bakover gjennom databaser, journaler og bøker (Timmins et al., 2005). Denne metoden bygger på å forfølge innbyrdes referanser mellom dokumenter. Birkmann anbefaler at man begynner å peke ut en eller flere dokumenter av interesse, og følge referanser i disse dokumentene til andre dokumenter (Brinkmann, 2012). Sammenlignet med den tidligere beskrivelsen av induktiv metode bruker litteratursøket her empiri til å etablere ny teori. Denne metoden for å generere dokumenter kalles ofte for en nettverks-metode (Timmins et al., 2005) eller snøball-metode ((Torfing, 2004) hentet fra (Brinkmann, 2012)).

For å håndtere relevante og aktuelle kilder ble det benyttet Endnote. Ved å bruke Endnote sikret jeg meg at alle referanser er håndtert på en logisk og systematisk måte hvor det er enkelt å finne igjen relevante kilder.

3.3 Intervju

Jeg valgte å benytte meg av dybdeintervju som hovedmetode for datainnsamling. Valget er tatt med et utgangspunkt i at dybdeintervju har en sterk relasjon til kvalitative undersøkelser, men også fordi dybdeintervju er en svært god metode for å skape innsikt og forståelse i situasjoner som man ellers ikke vet så mye om. Målet med dybdeintervju er å innhente tanker og refleksjoner om erfaringer og opplevelser fra aktuelle respondenter, hovedsakelig gjennom en fri samtale rundt spesifikke temaer bestemt på forhånd. Man kan også benytte dybdeintervju der meninger, holdninger og erfaringer står i sentrum av forskningen (Tjora, 2012). Intervjuene handler ikke bare om informantene, men brukes til å forstå sammenhenger utover informantene som individer. En fordel med dybdeintervju er at man kan bruke det informantene forteller til å videre avgrense forskningen, ettersom forskningen går framover.

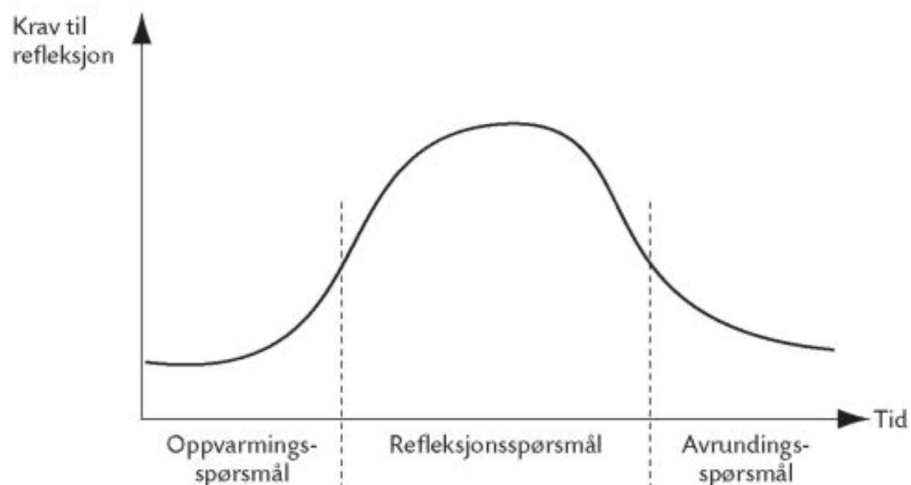
Det finnes flere måter å gjennomføre kvalitative intervjuer på. I oppgaven valgte jeg å benytte meg av semi-strukturerte intervjuer. Semi-strukturerte intervjuer er hovedsakelig kun en annen betegnelse på dybdeintervju som presiserer at intervjuet har en halvfast struktur, i motsetning til strukturert intervju hvor strukturen er fast og ustrukturerte intervju hvor strukturen er svært åpen. Det semistrukturerte intervjuet tar utgangspunkt i en fenomenologisk og hermeneutisk fortolkningsramme, og vil være svært aktuell med tanke på den pragmatiske tilnærmelsen som ble valgt. Det å ha et åpent intervjuformat gjør

det mulig å kunne følge opp med oppfølgingsspørsmål, noe som viktig for å skape et intervju med god flyt i intervjusamtalen. Jeg valgte å benytte meg av semistrukturerte intervju ikke bare fordi denne metoden gjør det enklere å komme i dybden på et tema, men også fordi det semistrukturerte intervjuet gir et grunnlag til å bearbeide og kategorisere intervjumateriale på en enkel måte. Det at de semistrukturerte intervjuene bygger på samme struktur, er det som gjør det mulig å jobbe systematisk med bearbeidelsen og kategoriseringen.

3.3.1 Intervjuguide og intervjustruktur

Å ha en intervjuguide basert på konkrete tema og intervju spørsmål er utgangspunktet for det semistrukturerte intervjuet er viktig, samtidig som man kan følge opp temaer som oppstår underveis. For å kunne styre intervjuet rundt temaene jeg ønsket å snakke om har valgte jeg å benytte meg av en intervjuguide med forhåndsdefinerte spørsmål. Selv om jeg valgte å forholde meg til temaene definert i intervjuguiden ville jeg likevel være åpen for variasjon og utdypning underveis. I samsvar med semistrukturerte intervju benyttet jeg meg av en intervjuguide med strukturerte spørsmål, men gir rom for utdypning og tilleggsspørsmål. Når jeg jobbet med å utarbeide intervjuguiden har det vært to motstridende mål som måtte balanseres. For det første må man være spesifikk nok slik at man får frem den kunnskapen som forskningsspørsmålene etterspør, og ikke blir for generell. Det andre er at man likevel ikke bør ha en for stram ramme til intervjuet, da jeg vil ha muligheten til å kunne diskutere rundt aktuelle temaer. En for spesifikk intervjuguide kan stenge for muligheten til å fange opp mer relevant kunnskap og informasjon. Spørsmålene er derfor nøytralt formulert slik at svaralternativene er åpne for informantene, samt i størst grad nøytral med tanke på spørsmålet utgangspunkt. Selv om spørsmålene skal være åpne er det viktig å ha veldefinerte spørsmål for å ikke redusere relabiliteten til forskningsstudiet med uklare spørsmål (Krumsvik, 2013). For å strukturere intervjuguiden til å samsvare med temaene, innholdet og kunnskapen det er ønskelig å innhente, har jeg tatt utgangspunkt i forskningsspørsmålene, og utledet spørsmålene etter disse.

Siden temaet i denne oppgaven er nokså sterkt avgrenset ble det vurdert at et intervju på 45 til 60 minutter er tilstrekkelig for å hente ut den kunnskapen og informasjonen som er etterspørres. Samtidig kan lange intervjuer være svært krevende for informanten, og et kortere intervju kan derfor virke mer innbydende, og være enklere å delta på. Tjora presiserer at en viktig forutsetning for å lykkes med dybdeintervju er at man klarer å skape en avslappet stemning hvor informanten føler at det er greit å snakke åpent, hvor det er lov å tenke høyt og hvor digresjoner er tillatt (Tjora, 2012). Jeg har derfor valgt å utforme intervjuguiden slik det fremgår i boka *kvalitative forskningsmetoder i praksis* (Tjora, 2012). Ved å benytte meg av retningslinjer knyttet til gjennomføring av dybdeintervju ønsket jeg å oppnå et sterkt grunnlag for å gjennomføre vellykkede intervju. Dybdeintervjuet består i hovedsak av tre faser: oppvarming, refleksjon og avrundning. Dybdeintervjustrukturen er illustrert i figur 23.



Figur 23: Dybdeintervjustruktur (Tjora, 2012)

Oppvarmings-spørsmål. Dette er enkle, konkrete spørsmål rundt temaer som ikke krever store mengder refleksjon. Denne fasen er benyttet for å skape en trygghet hos informanten, samtidig som man kan plassere informanten i kontekst til undersøkelsens forskningsområder. I dybdeintervju vil det å etablere en trygghet til intervjuet i større grad skape en avslappet stemning for å få gode resultater senere i intervjuet.

Refleksjonsspørsmål. Dette er kjernen i intervjuet. I denne delen av intervjuet forsøker man å utdype om de temaene som ønskes å forske på. Sammen med et semistrukturert intervju har jeg valgt å definere hovedspørsmål og oppfølgingsspørsmål som brukes til å styre intervjuet rundt de aktuelle temaene.

Avrundings-spørsmål. Disse spørsmålene er ment for å normalisere situasjonen og lede til en naturlig avslutning av intervjuet. Vanlige spørsmål her vil være hvordan prosjektet går videre, hva som vi skjje med dataene fra dette intervjuet og hvordan informanten får tilbakemelding.

Selv om målet var å følge intervjuguiden mest mulig ble det likevel ikke etterfulgt i praksis som det var planlagt. Under intervjuet ble flere spørsmål omformulert, og rekkefølgen var nødvendigvis ikke slik den er beskrevet i intervjuguiden. Intervjuguiden består av en rekke åpne spørsmål, og informanten følger derfor nødvendigvis ikke den strukturen som intervjuguiden følger.

3.3.2 Intervju over Skype

Denne oppgaven er skrevet i forbindelse med en studie med tilhørighet i Trondheim. Casegrunnlag som det er blitt tatt utgangspunkt i og informanter som er blitt intervjuet har bfunnet seg i andre steder av landet. Informantene er svært viktige for undersøkelsen i oppgaven og det ble derfor nødvendig å

intervjue disse over telefon. Av praktiske grunner har intervjuer og casestudier derfor blitt gjennomført med videokonferanseverktøyet Skype. Det å snakke over telefon gjorde at intervjuet fikk et mer formelt preg på samtalen, og at intervjuet i større grad forholdt seg til planlagte spørsmål enn det den kunne gjort ved ansikt-til-ansikt.

3.3.3 Valg av datakilder

Hovedregelen for utvalg i kvalitative intervjustudier er at man velger informanter som av ulike grunner vil kunne uttale seg på en reflektert måte om det aktuelle temaet (Tjora, 2012). Jeg valgte derfor å hente ut datakilder som har en sterk tilknytning til den problemstillingen jeg ønsker å belyse. Videre må datakildene ha en sterk nok bakgrunn rundt problemstillingen slik at de har en forutsetning til å gi innsikt i forskningsspørsmålene i oppgaven. Valg av datakilder tar derfor utgangspunkt i et hensiktsmessig utvalg. Hensiktsmessig utvalg er der hvor undersøkelsen består av informanter som er valgt fordi de har best evne til å besvare problemstillingen og forskningsspørsmålene (Krumsvik, 2013). For denne oppgaven kan dette være personer som er prosjektledere, prosjektingeniører eller andre ansatte i organisasjoner som jobber med prosjektering og planlegging av bygninger og konstruksjoner.

En grunnregel til bruk av dybdeintervjuer i forskningsprosjekter er å gjennomføre relativt få intervjuer og gjennom-analysere disse (Brinkmann, 2012). Dersom man velger å gjennomføre mange intervjuer øker risikoen for at man ikke får laget en sammenhengende og nyskapende fortolkning av materialet. Vanligvis ønsker man å gjennomføre intervju frem til man når et metningspunkt, det vil si at ytterligere intervjuer ikke lengre avdekker ny eller verdifull informasjon. I denne oppgaven har jeg forsøkt å holde meg til to informanter per case, da jeg opplevde at dette var et dekkende antall for å dekke den nødvendige informasjonen for forskningen og caset. En empirisk basert masteroppgave basert på dybdeintervjuer kan typisk ha 10-15 dybdeintervjuer (Tjora, 2012). Selv om antallet ikke var et mål i seg selv, ønsket jeg å intervju nok personer med tilknytning til casene for å få tilstrekkelig oversikt og et helhetsbilde for forskningstemaet, noe som krever at det ble gjennomført en del intervjuer.

Det ble gjennomført tre generelle intervjuer knyttet til bruk av modellmodenhet med personer med kompetanse på BIM, modellmodenhet og prosjektledelse. For Høgskolen på Vestlandet ble det gjennomført tre intervjuer. For Gol Sambruksstasjon ble det gjennomført ett case-relatert intervju. For E6 Arnkvern-Moelv ble det gjennomført to intervjuer. For Livsvitenskapsenteret ble det gjennomført tre intervjuer.

Prosjekt	Dato	Informant	Rolle	Bedrift
-	28.01.19	Informant A	VDC-leder og BIM -spesialist	Sweco
-	06.02.19	Informant B	BIM-Koordinator	Norconsult
-	27.02.19	Informant C	VDC-Ansvarlig	Skanska
Høgskolen på Vestlandet	23.01.19	Informant D	VDC-Utvikler	Kruse Smith
Høgskolen på Vestlandet	24.01.19	Informant E	Prosjekteringsleder	Kruse Smith
Høgskolen på Vestlandet	29.01.19	Informant F	Arkitekt	L2 Arkitekter
Gol Sambruksstasjon	08.02.19	Informant G	BIM- Koordinator	Rambøll
E6 Arnkvern-Moelv	21.02.10	Informant H	Prosjektleder prosjektering	Sweco
E6 Arnkvern-Moelv	22.02.19	Informant I	BIM-Koordinator	Sweco
Livsvitenskapsenteret	19.02.19	Informant J	BIM-fagansvarlig	Ing. Per Rasmussen
Livsvitenskapsenteret	20.02.19	Informant K	Prosjektleder prosjektering	Statsbygg
Livsvitenskapsenteret	01.03.19	Informant L	Systemansvarlig BIM	HENT AS

Tabell 4: Intervjuer

3.4 Dokumenter som tilleggsdata

Selv om forskningen i denne oppgaven tar utgangspunkt i intervju ønsket jeg likevel å benytte meg av dokumentanalyse. Begrepet dokumentundersøkelse benyttes i denne oppgaven for å beskrive dokumenter som er tilknyttet organisasjoner og virksomheter, og er gjerne rapporter, artikler eller presentasjoner som bedriften eller organisasjonen har utviklet knyttet til et bestemt formål. Dette kan enten være for å standardisere interne prosesser, presentere virksomhetens arbeid eller praksis, fremme organisasjonen mål eller verdier eller andre ting for å forbedre eller informere om organisasjonen eller virksomhetens utvikling og fokusområder. Dokumentundersøkelse i likhet med intervjuene vil også være avgrenset til å forholde seg til caseundersøkelsene.

Dokumenter kan gi en god indikasjon på hvilke egenskaper en organisasjon velger fokusere på. Dokumentanalyse brukes ofte for å avdekke endringer, prosesser og forandringer. Dette vil derfor være en svært effektiv måte å finne ut hvilke faktorer som bør vektlegges, når jeg analyserte den empirien som er samlet inn fra intervju- og observasjonsstudier.

Fokuset for dokumentanalysen vil ligge på å skaffe en viss mengde sekundære dokumenter. Dette er dokumenter som i stor grad er tilgjengelig for flere, og har tilstrekkelig nærhet til den situasjonen eller begivenheten dokumentet referer til (Brinkmann, 2012). Primære dokumenter vil ha en større nærhet til situasjonen som skal forskes på, men det er valgt å fokusere på sekundære dokumenter fordi tilgang til primære dokumenter i større grad er begrenset.

Det er fokusert på å samle inn 5 typer data i dokumentstudiet. Dette er dokumentasjon, rapporter, intervjuer, direkte observasjoner og deltaker-observasjoner. Disse kategoriene har forskjellige styrker og svakheter når det kommer til å støtte opp om forskning. Målet med dokumentstudiet er å underbygge og forsterke funn og resultater som er samlet inn fra andre metoder.

3.5 Kvalitativ datanalyse

For å kunne analysere empirien jeg har samlet inn er det først og fremst et behov at datagrunnlaget er bearbeidet slik at det er mulig å hente ut den relevante informasjonen. Intervju og observasjon kan være vanskelig å håndtere og analysere dersom man kun benytter seg av rådataen man har samlet inn. For å bearbeide dataen har jeg transskribert de intervjuene som er gjennomført.

Ved å transkribere noe som er sagt, kan man fort miste innhold og informasjon, da det kan være vanskelig å oversette dynamikken og konteksten av interaksjonen til det skriftlige (Brinkmann, 2012). Det finnes flere strategier man kan benytte og øke kvaliteten i transkriberingen. Strategiene vektlegger gjerne ulike elementer av interaksjonen. Jeg har valgt å forholde meg til meningsinnholdet i det som er sagt, da jeg vurderer det som mest aktuelt for å knytte innholdet opp mot forskningen. Videre er det tatt utgangspunkt i meningsinnholdet siden dette er anbefalt for nybegynnere med transkribering (Brinkmann, 2012), noe jeg vil beskrive at jeg er. Jeg har også valgt å gjengi rammene og stemningen omkring selve intervjuet, da det anbefales å beskrive den sosiale konteksten som intervjuet er gjennomført i (Brinkmann, 2012). En manglende beskrivelse av intervjuets rammer kan gjøre det vanskelig å få en fornemmelse av sammenhengen mellom spørsmål og svar.

For å analysere empirien som er samlet inn har jeg valgt å bryte ned materialet med koder og deretter syntetisere dette, å bygge det opp for å skape et overblikk. Ved å få et helhetsbilde over empirien vil det være enklere å se sammenhenger.

3.5.1 Nvivo for transkripsjon og koding

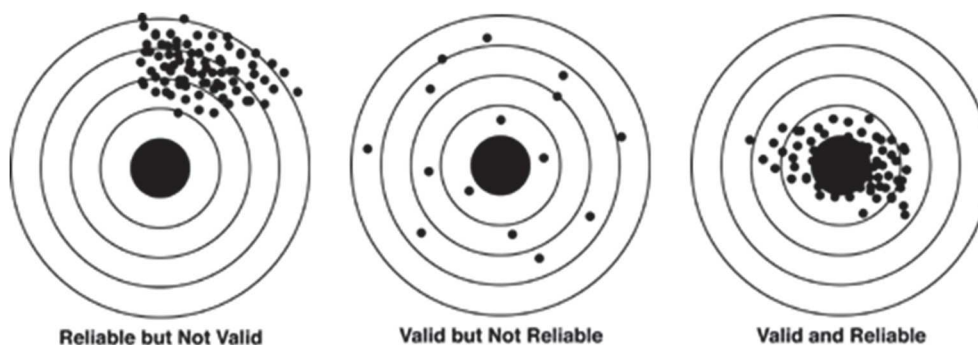
Jeg benyttet meg av Nvivo for å kode materialet, for å lettere strukturere og analysere datagrunnlaget. Bruk av dataprogrammer kan benyttes for å skape større transparens mellom empiri og analyse (Tjora, 2012). Målet med kodingen var å skape en bedre oversikt over det materialet jeg har samlet inn, for å senere raskt kunne identifisere de elementene som er viktige. Nvivo er et program som minner om det som er kalt meningsfortetting (Krumsvik, 2013). I kombinasjon med transkripsjonsstrategien i denne oppgaven er Nvivo derfor være et godt egnet program for analyse av intervjumaterialet. Kodingen som

er gjennomført i forskningen kan beskrives som meningskoding. Dette er knyttet til koding med utgangspunkt i meningsinnholdet i intervjumaterialet. Koding av intervjumaterialet i Nvivo er en manuell prosess, her er kodingen gjennomført ved å kategorisere informasjon i noder.

Jeg har også tatt en omgrepstyrt tilnærming til kodingen, det vil si at jeg har brukt noder som jeg har utarbeidet i forveien av analysen (Krumsvik, 2013). Disse nodene kan sees i sammenheng med sorteringsbasert koding (Tjora, 2012), hvor kodene beskriver generelle temaer som empirien berører. Jeg har valgt å kategorisere disse nodene med bakgrunn i intervjuguiden, men også av relevante funn som kommer frem i intervjuene. Omgrepstyrt noder er hovedsakelig benyttet for å kategorisere empirinære koder. Empirinære koder beskriver i større grad i detalj hva som kommer frem i empirien (Tjora, 2012). Målet med disse er å trekke ut interessante aspekter i analysen uten av man stadig må gå tilbake til analysedataen. Fordi de empirinære kodene handler om å gå i detalj av analysedataen er disse kodene opprettet ved nærlæsning av empirien. Ved å benytte meg av sorteringsbaserte og empirinære noder har målet vært å legge opp til kodegrupperinger med kodestrukturert empiri. Nvivo legger opp til dette gjennom en hierarkisk struktur.

3.6 Forskningens troverdighet/kvalitet

Pålitelighet, gyldighet og generaliserbarhet er kriterier som ofte er benyttet som betegnelser for å beskrive kvalitet innen kvalitativ forskning. Pålitelighet handler om den interne logikken i forskningen. Gyldighet fokuserer på sammenhengen mellom tilnærming til forskningen og funn. Generaliserbarhet sier noe om forskningens relevans utover det som faktisk er undersøkt (Tjora, 2012). I figur 24 er det illustrert hvordan forskningens pålitelighet og gyldighet settes i sammenheng med forskningsresultatet. Målet er å ha både gyldig og pålitelig forskning og forskningsdata slik at man i størst grad får et gyldig og pålitelig forskningsresultat.



Figur 24: Validitet og reliabilitet (Colombia_Edu)

There's no point being very precise about nothing (Krumsvik, 2013)

I forskningen har jeg først og fremst forsøkt å styrke den interne validiteten til forskningen. Validiteten har derfor blitt prioritert ovenfor reliabiliteten, men det skal sies at reliabiliteten også har blitt vektlagt. Sitatet over beskriver kort bakgrunnen for dette valget. Målet er å svare på problemstillingen og forskningsspørsmålene som ligger til grunn for denne oppgaven, og det å ha en solid tilnærming til validiteten vil derfor være viktig. Kriteriene pålitelighet, gyldighet og generaliserbarhet og hvordan disse er håndtert i oppgaven er nærmere beskrevet under.

3.6.1 Pålitelighet - Reliabilitet

Reliabilitet sier noe om i hvilken grad forskningen kan gjentas ved andre tidspunkt eller av andre forskere (Krumsvik, 2013). Reliabilitet handler derfor om etterprøvbarhet. Gjennom de kvalitative undersøkelsene i denne oppgaven er det lagt fokus på at informantene selv formulerer og utdyper sine erfaringer og opplevelser ved hjelp av egne ord og begreper. Ved å hovedsakelig fokusere på en objektiv tilnærming til forskningen ønsket jeg å bidra til å styrke forskningens fokus og innfallsvinkel.

Siden jeg arbeidet med tekstdata, er det viktig at intervju-reliabiliteten er god. Fordi jeg intervjuet og transkriberte alene sikret jeg meg at alle intervjuer og transkripsjoner får sammen struktur og meningsinnhold. At jeg gjorde transkripsjonsarbeidet selv medfører også at jeg ble bedre kjent med empirien, enn dersom man hadde vært flere til å gjøre dette arbeidet.

3.6.2 Gyldighet - Validitet

Gyldighet er knyttet til i hvor stor grad vi måler det vi tror vi måler, altså om våre data er gyldige for den problemstillingen vi arbeider med. Dette ser på om forskningsresultatet samsvarer med virkeligheten, og hvor kongruente disse er i forhold til virkeligheten (Krumsvik, 2013). Gyldigheten uttrykker derfor i hvilken grad og med hvilken pålitelighet et sett resultater viser det de er ment å vise. Kort sagt sier gyldighet noe om i hvor stor grad forskningen nøyaktig representerer det fenomenet forskningen forsøker å beskrive, forklare eller teoretisere (Krumsvik, 2013).

For å styrke gyldigheten til forskningen utført i denne oppgaven ble det valgt å vise transparens gjennom grundig utredning av den metodiske tilnærmingen. Systematikk er ikke en garanti for at oppgaven på noen måte vil være riktig eller aktuell, men gjør at arbeidet er mulig å vurdere for andre forskere og

interessenter (Tjora, 2012). Videre er det er valgt å bruke flere metoder i forskningen. Dette kan sikre en dybdeforståelse for de aktuelle forskningsmessige problemstillingene. Dersom man kun har en metode, er det fare for at man lettere påvirker objektiviteten i forskningen siden forståelsen er basert på egen tolkning. Flere metoder sikrer at tolkningen bedre reflekterer virkeligheten slik den faktisk er, gjennom at dataene sees i lys av de forskjellige metodene. Gjennom å sammenligne dataen vil forskningen valideres i større grad. Kombinasjonen av flere metodiske tilnærminger, empiriske data og perspektiver i en enkelt studie vil medføre grundighet, bredde, kompleksitet, fylde og dybde i forskningen (Denzin et al., 2011)). Ved å bruke både intervju og dokumentstudier sikrer jeg dermed en større validitet enn dersom jeg kun hadde benyttet meg av intervju.

Gjennom hele oppgaven har jeg forsøkt å sikre konsistens og troverdighet mellom forsknings-spørsmålene og den forskningen som er gjort. Med en prosessteoretisk forankring, hvor forsknings-spørsmålene ligger til grunn for alle valg som er tatt i oppgaven både ved planlegging, intervju, analyse og rapportering har målet vært å sikre en kontinuerlig kritisk holdning som styrker validiteten til forskningen. For å sikre høy gyldighet er det kanskje det viktigste at forskningen er forankret i aktuell og relevant forskning, og at forskningen gjennomføres innenfor faglige rammer (Tjora, 2012). Denne oppgaven bygger videre på forskning og forsøker å besvare nye relevante aspekter. Med utgangspunkt i dette vil jeg argumentere for at oppgaven har en sterk validitet på området det forskes på.

3.6.3 Ekstern validitet – generaliserbarhet

Generaliserbarhet beskriver i hvor stor grad forskningsresultatene kan bli overført til andre situasjoner, og er derfor også omtalt som overførbarhet. Siden forskningen tar utgangspunkt i kontekstavhengige situasjoner vil jeg beskrive generaliserbarheten som moderat. Forskningsresultatene vil være generaliserbar for prosjekter og organisasjoner som har like strukturer og prosesser som for casene undersøkt i oppgaven. Det kan likevel tenkes at forskningsresultater kan bære preg av konseptuell generalisering. Siden forskningen er gjennomført med kvalitative metoder kan det være mulig å utvikle konsepter eller teorier som kan ha relevans for andre situasjoner.

3.6.4 Forskningsetikk

I kvalitativ forskning er empiri ofte samlet inn gjennom menneskemøter. I dette studiet har jeg blant annet samlet empiri gjennom dybdeintervjuer. Siden jeg gjennom intervju kommer personlig inn på mennesker og de erfaringene de har er det viktig at jeg som forsker ivaretar deltakerne på best mulig måte. Dette medfører at de største utfordringene knyttet til forskningsetiske dilemmaer forholder seg til

datainnsamlingen gjennom menneskemøter. Begrepet forskningsetikk handler om normer og retningslinjer en forsker bør følge for å sikre god etisk forskning.

For at deltakeren skal få riktig og tydelig informasjon om hva deltakelse i studiet innebærer, er deltakere gitt et informasjonsskriv i forkant av deltakelse. I informasjonsskrivet er det informert om hva forskningen ser på, hvorfor deltakerne har fått forespørsel om å bli med og generell informasjon om deres deltakelse. Deltakerne blir informert om at de kan trekke seg fra prosjektet uten at det medfølger negative konsekvenser, og informasjon om hvordan informasjonen bli fanget, behandlet og håndtert. For å sikre en etisk tilnærming til forskningen, som forutsetter aktiv deltakelse, er forskningen bare satt i gang etter deltakernes informerte og frie samtykke. Samtykkeerklæringen er lagt ved sist i informasjonsskrivet. Siden intervjuene er gjennomført over digitale verktøy er informantene sendt informasjonsskrivet på e-post. Samtykke er derfor også mottatt over e-post.

3.7 Svakheter ved oppgaven

Utfordringen med dybdeintervju og kvalitative undersøkelser generelt er differansen mellom hvordan man selv tolker og forstår situasjonen kontra hvordan situasjonen oppleves for andre. Intervjuet er en aktiv interaksjon mellom intervjuer og informant, og det er derfor vanskelig å unngå helt upåvirkede svar fra informanten. Det er vanskelig å vite hvilke spørsmål som gir bestemte svar, og intervjuet blir derfor en prosess som leter etter forhandlede, kontekstuelt baserte svar.

Ved å gjennomføre intervju over videokonferanseverktøy som Skype, hvor Skype hovedsakelig kun har blitt benyttet som telefon er mulighetene til å bruke og oppfatte kroppsspråk blitt begrenset. Kroppsspråk brukes for å poengtere eller fremheve erfaringer og inntrykk informanten har i forbindelse med bestemte fenomener og situasjoner. Dette medfører at samtalen mister et aspekt som gode intervju er avhengig av (Tjora, 2012). Knyttet til denne oppgaven hvor fenomenet er sterkt forbundet med situasjons-messige kontekster kan mangelen på kroppsspråk føre til manglende forståelse for viktige aspekter eller en overanalyse av mindre viktigste aspekter, noe som igjen fører til et svekket forskningsresultat.

En annen risiko som kan svekke forskningsresultatet er at det kan være lett å miste oversikten og helhetsbilde ved koding av datamaterialet. Det finnes alltid en risiko for at man ved analyse fjerner seg fra sammenhengen fra hvor de opprinnelige kodene ble generert. Forskningsresultatet kan derfor være svekket av at analysen i mindre grad er knyttet til den konteksten og situasjonen fenomenet opptrer i, da kategoriseringen gjør at man i større grad ser på temaet og dataen under noden og i mindre grad på sammenhengene knyttet til dataen.

4 Resultater

Resultatkapittelet er strukturert slik at oppgaven først går inn på forutsetningene for prosjektgjennomføringen. Det blir deretter sett på hvordan prosjektene har valgt å planlegge og styre fremdrift knyttet til MMI, før oppgaven videre trekker frem de erfaringene som prosjektgruppene har gjort seg.

	E6 Arnkvern – Moelv	Gol Sambruksstasjon	Høgskolen på Vestlandet	Livsvitenskap-senteret
<i>Forkortelse</i>	Prosjekt A	Prosjekt B	Prosjekt C	Prosjekt D
<i>Størrelse</i>	43 km + 40 konstruksjoner	667 m ²	14 000 m ²	66 700 m ²
<i>Enterprise</i>	Totalentreprise	Totalentreprise	Totalentreprise	Totalentreprise med samspill
<i>Fase ved datainnsamling</i>	Detaljprosjektering	Ferdig bygget	Avsluttende fase detaljprosjektering	Optimalisering før detaljprosjektering

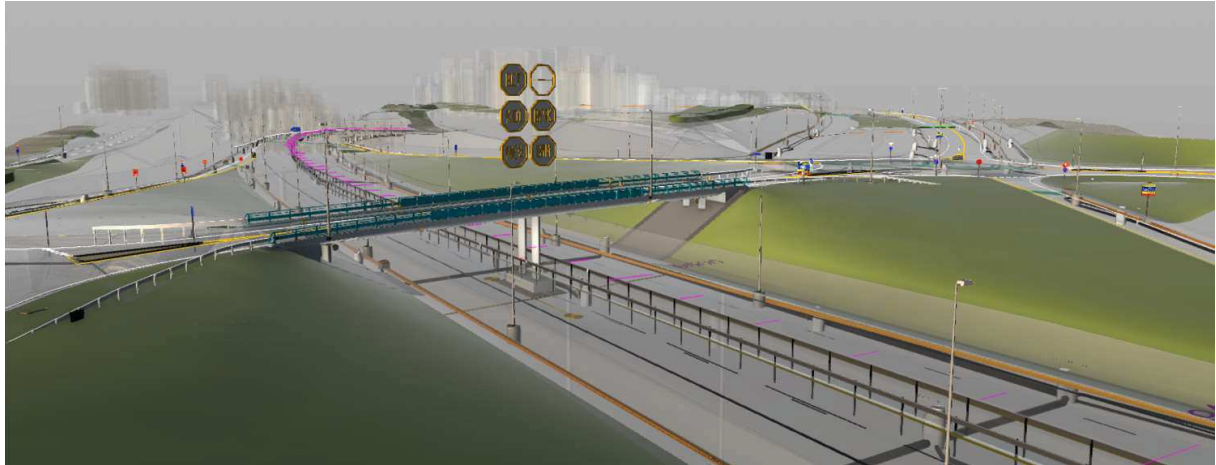
Tabell 5: Prosjektene

For å enklere kunne beskrive de forskjellige prosjektene er de blitt tildelt en forkortelse. Det er forkortelser som vil benyttes videre i oppgaven for å henvise til de forskjellige prosjektene.

4.1 Prosjektene

4.1.1 E6 Arnkvern – Moelv

E6 Arnkvern – Moelv er en utvidelse av eksisterende motorveg som innebærer prosjektering og bygging av en ny firefelts motorveg. Fartsgrensen er satt til å være 100km/t. Prosjektet gjennomføres som en totalentreprise der rådgiver er kontrahert av entreprenøren. I prosjektet skal det bygges omtrent 40 konstruksjoner deriblant bruer og veikryss. Byggherren Nye Veier har et ønske om fokus på BIM og digitalisering og et mål om å gjøre prosjektet uten tegninger og uten papir for å gjøre prosjektet mest mulig fremtidsrettet



Figur 25: E6 Arnkvern - Moelv

4.1.2 Gol Sambruksstasjon

Gol Sambruksstasjon er en sambruksstasjon som fungerer som en døgnhvileplass. Sambruksstasjonen ligger på Gol og ble åpnet i 2019. I tillegg til døgnhvileplassen som består av en stor parkeringsplass og fasiliteter for lastebilsjåfører har sambruksstasjonen en kontrollhall og vekt for veiing og kontrollering av lastebiler. Prosjektet er et pilotprosjekt fra Statsbygg sin side gjennom foretaket Digibbygg. Målet med Digibbygg er å utprøve ny teknologi og metoder.



Figur 26: Gol Sambruksstasjon

4.1.3 Høgskolen på Vestlandet

Høgskolen på Vestlandet er et prosjekt for Statsbygg hvor målet med prosjektet er å utvide eksisterende campus på Kronstad. Prosjektet er på omtrent 14000m². Målet i prosjektet er å ha et nullenergibygg hvor energiforbruket blir dekket av bygget selv blant annet gjennom solceller på taket.



Figur 27: Høgskolen på Vestlandet

4.1.4 Livsvitenskapssenteret

Statsbygg er byggherre på vegne av Universitetet i Oslo med kunnskapsdepartementet som oppdragsgiver. Livsvitenskapssenteret skal være et skolebygg med laboratorier og undervisningsrom. Bygget skal derfor ha med seg mye forskjellig teknisk innredning, instrumenter og utstyr. Prosjektet er derfor preget av et stort utstyrsprosjekt innad i prosjektet. Prosjektet startet i 2014 med en plan og design konkurranse. Prosjekteringsgruppen som ble kåret til vinner gjennomførte skisse og forprosjektet gjennom 2 bolker og lå ferdig i 2016. Oppstartsbevilgningen ble gitt i 2018.



Figur 28: Livsvitenskapssenteret

4.2 Prosjektstyring

4.2.1 Samtidig prosjektering og produksjon

Prosjektene i regi av Statsbygg og veitbyggingen av E6 Arnkvern - Moelv er alle prosjekter som bygger samtidig som at løsningene prosjekteres. Denne prosjektgjennomføringsmetoden er ofte omtalt som samtidig prosjektering, og bygger på prinsipper fra involverende planlegging (LPS) hvor målet er å skape flyt i planleggingen.

Samtidig prosjektering og produksjon i prosjektene førte til kortere tid for rådgiverne å prosjektere sine løsninger. Entreprenøren i de forskjellige prosjektene har i alle prosjektene vært med fra start for å sikre at det som prosjekteres er byggbart.

Samtidig prosjektering kan settes i sammenheng med VDC-metodikken som flere av prosjektene har benyttet som utgangspunkt for prosjektgjennomføringen. Det er varierende hvor stort anvendelsen av VDC i prosjektene har vært, men alle prosjektene kan sies å ha en tilknytning til denne metodikken. Både prosjekt A og C har brukt VDC som en avgjørende fremgangsmåte for å støtte prosjekteringen og produksjon i prosjektgjennomføringen. Prosjekt B hadde en tilnærming til VDC, hvor de benyttet seg av VDC-prinsipper. Målet med samtidig prosjektering og VDC-metodikken er å redusere planleggings- og prosjekteringstiden.

Samtidig prosjektering og produksjon ser etter å styrke dialogen mellom de rådgivende og entreprenør. Prosjektering innebærer å finne frem til de løsningene som entreprenøren bygger. Selv om entreprenøren ikke er inne i prosjekteringen må entreprenøren likevel være med for å bestemme hva som er mulig å bygge. Ved å prosjektere og produsere samtidig kan rådgiver og entreprenør i utviklingen av bygget løpende vurdere mulighetene de beste løsningene, noe som vil styrke gjennomførbarheten og kvaliteten i prosjektet betraktelig. For prosjektering vil likevel det viktigste være at produksjonsunderlaget er klart når produksjon trenger det. I Prosjekt A, C og D tar de prosjekterende utgangspunkt i byggeplanen for å sette opp sin plan for prosjektering. I prosjekt A og D er det entreprenør i samarbeid med de fagansvarlige som bestemmer hva som skal bygges og i hvilken rekkefølge. For prosjekt B var det entreprenøren som sendte ut forespørsel om hva de hadde behov for å ha produksjonsunderlag på. I prosjektene så skal rådgiverne utarbeide det produksjonsunderlaget som entreprenøren skal bygge etter. Kvaliteten i det som bygges er et resultat av kvaliteten på produksjonsunderlaget. Rådgiverne er derfor nødt til å sikre at entreprenøren bygger etter det som er beregnet som produksjonsunderlag.

4.2.2 utfordringer med samtidig prosjektering og produksjon

En forutsetning for prosjektene er at fokuset har vært å gjennomføre prosjektene papirløst, prosjekt B har i tillegg gjennomført prosjektet tegningsløst. Målet i prosjektene har vært å produsere etter BIM-modeller. BIM-modellen skal være en digital kopi av bygget gjennom prosjekteringsfasen, byggefasen, bruksfasen og avhendingsfasen.

En modell, når du ser en modell så ser den veldig ferdig ut, det ser ferdigprosjektert ut selv om den ikke er det. Så det er fort gjort å jobbe med for dårlig grunnlag når du har en modell, en tegning ser veldig uferdig ut når den er uferdig, men en modell ser veldig ferdig ut når du har et fysisk objekt.

- Informant H

Utfordringen med å prosjektere og produsere etter modell er at det er vanskelig å skille en skisse fra et produksjonsunderlag. Det å forstå hvor ferdig de prosjekterende er med sine modeller er vanskelig å forstå dersom man ikke har et system for å konkretisere dette.

For produksjon vil det kanskje ikke det å bygge etter modell være et problem. Problemet oppstår når man skal bygge etter modell samtidig som modellen prosjekteres. Dersom modellen lå som klart som produksjonsunderlag kunne entreprenøren bare satt i gang med byggingen. Men når produksjonsunderlaget prosjekteres samtidig som det bygges, og entreprenøren har tilgang til hele modellen, vil det være en utfordring for entreprenøren å identifisere hvilke modeller som er stemplet som produksjonsunderlag.

Den største utfordringen vi møtte på var at vi prosjekterer samtidig som entreprenør bygger, dvs. at de hadde tilgang til komplett modell hele tiden. Modellen ser på en måte komplett ut selv om noe bare er skissert opp, mens andre ting er på en måte låst eller ferdig. Så det å kommunisere ferdiggraden i modell samtidig som man prosjekter og samtidig som de bygger, det er en utfordring.

- Informant G

Entreprenøren er nødt til å kunne være sikker på at det er trygt å bygge etter modellen, uten at dette medfører en risiko. I prosjektene har entreprenøren tilgang til komplett modell gjennom hele prosjektet. Siden det i disse prosjektene blir prosjektert og produsert samtidig er det viktig for de prosjekterende å tydelig kommunisere hva som det er klart å bygge etter.

Det å kjenne til hva som er gjort i modellen er ikke viktig bare for produksjon, men også for de prosjekterende. Samtidig prosjektering medfører at de prosjekterende er nødt til å kontinuerlig utveksle prosjekteringsgrunnlag, for at de ulike disiplinene skal kunne prosjektere sine løsninger. I likhet med entreprenøren medfører dette en utfordring med å forstå hvor moden og ferdigutviklet prosjekterings-

grunnlaget er. Hvor moden prosjekteringsgrunnlaget er sier noe om hvor mye de prosjekterende kan stole på det prosjekteringsgrunnlaget de prosjektere videre på.

En utfordring ved prosjektering er det å sikre at disiplinene snakker med hverandre. Det presiseres at det er veldig lett for de prosjekterende å ha et en-faglig fokus på prosjekteringen hvor de prosjekterende skal løse sin oppgave, og at det blir opp til prosjektledelsen å sikre at løsningene samsvarer. For å bedre legge til rette for at de prosjekterende snakker med hverandre er det lagt opp til at de prosjekterende prosjekterer samtidig.

Det er jo alltid en utfordring i prosjekteringsprosessen å få planlagt godt nok slik at fagene kan prosjektere i fase og prosjektere de tingene som er viktig å gjøre samtidig.

- Informant C

Det å prosjektere samtidig kan derimot være vanskelig fordi de prosjekterende fagene berører hverandre på svært mange områder. Det brukes i prosjektene derfor mye tid på å koordinere og avdekke avhengigheter i prosjekteringen.

Det jeg tenker som er et mål i forhold til hvordan man jobber i modell, er det å få til en parallell flerfaglig utvikling av modellen, at alle fagene jobber i modellen og at man hele tiden kalibrerer i forhold til hvordan de ulike fagenes prosjektering påvirker helheten.

- Informant K

Fordi fagene hele tiden er gjensidig avhengige av hverandre er de prosjekterende fagene avhengige av at arbeidet koordineres og planlegges slik at avhengigheter blir avtalt og besluttet løsninger før de går videre i prosjekteringen. For å planlegge og prosjektere med hensyn til tverrfaglige avhengigheter er det derfor lagt opp til en parallell utvikling av prosjekteringen. For å kunne opprettholde en parallell utvikling av modellene er fagene er nødt til å vite hva som er gjort tidligere, hva som skal gjøres og hvilke prinsipper som er bestemt.

Samtidig prosjektering medfører en gjensidig avhengighet mellom disiplinene. Disiplinene har ulike ansvarsoppgaver i prosjektet, og kan ofte ha motstridende interesser. Samtidig prosjektering med fokus på en parallell utvikling i prosjektet medfører at prosjektet gradvis utvikles gjennom en mengde iterasjoner hvor de prosjektere finner kompromisser og løsninger som fungerer på tvers av disiplinene. Iterasjoner kan oppstå på grunn av uforutsette endringer fra oppdragsgiver eller entreprenør. I prosjekt C er det lagt fokus på å gjøre iterasjonene så små som mulig, slik at prosjektet til enhver tid prosjekterer etter de riktige forutsetningene.

Det er vanskelig å tydeliggjøre endringer i modeller fordi de til enhver tid ser ferdige ut. Dette kan innebære både negative og positive endringer. Utfordringen i modellbasert prosjektering er å tydeliggjøre hvilken endring som er gjort.

En ytterligere revisjon av modellen vil ofte ha en tendens til å bli oppfattet som endring, så det er viktig å få til en god kommunikasjon rundt hva betyr det som har skjedd siden sist revisjon av modell.

- Informant K

Det å kunne finne ut vite om modellen er blitt endret eller om den er blitt beriket med mer informasjon og innhold vil være viktig for de prosjekterende og produksjon for å kunne jobbe videre ut fra modell.

4.2.3 Tiltak knyttet til samtidig prosjektering og produksjon

Modellbasert prosjektering og bygging medfører flere utfordringer for samarbeidet og gjennomføringen av prosjektet. En stor utfordring knyttet samtidig prosjektering og produksjon er å skape en forståelse for modenheten i modeller og objekter. For prosjektering er det vanskelig å opprettholde det tverrfaglige samarbeidet og sikre at fagene jobber ut fra en parallell tilnærming.

Som nevnt tidligere er de største utfordringene med modellbasert tilnærming at det er vanskelig å tydeliggjøre modenheten i modellen, dvs. at man kan være sikker på at modellen er klar til å bygge etter. I tillegg er det en utfordring å tydeliggjøre endringer, om disse har en positiv eller negativ innvirkning på modellene. For å både kunne beskrive modenhet og spesifisere hvilke endringer som er gjort i modellen har både prosjekt A, B og C valgt å benytte seg av statusspesifikasjoner, modell-modenhetsindekser.

For å sikre en god tverrfaglig forståelse mellom prosjektering og produksjon, og utvikle en fremdriftsplan som er realistisk med tanke på samtidig prosjektering og produksjon er det sett at det er nødvendig med en metodikk som integrerer prosjektering og produksjon. Prosjektene har valgt å benytte seg av tilnærminger basert på VDC-metodikk og bruker derfor Last Planner til å fasilitere samarbeidet mellom prosjektering og produksjon og for å planlegge for fremdrift i prosjektering.

Utgangspunktet for parallell prosjektering er å redusere prosjekteringstid og skape bedre kvalitet ved å avklare og identifisere avhengigheter som kan påvirke løsningene. Det å sikre at de prosjekterende vedlikeholder en parallell prosjektering kan være vanskelig. For å løse dette har prosjektene valgt å kontrollere at fremdriften faktisk foregår i henhold til fremdriftsplan.

4.3 Hvilken tilnærming har prosjektene til planlegging og prosjektstyring?

4.3.1 Definisjon MMI

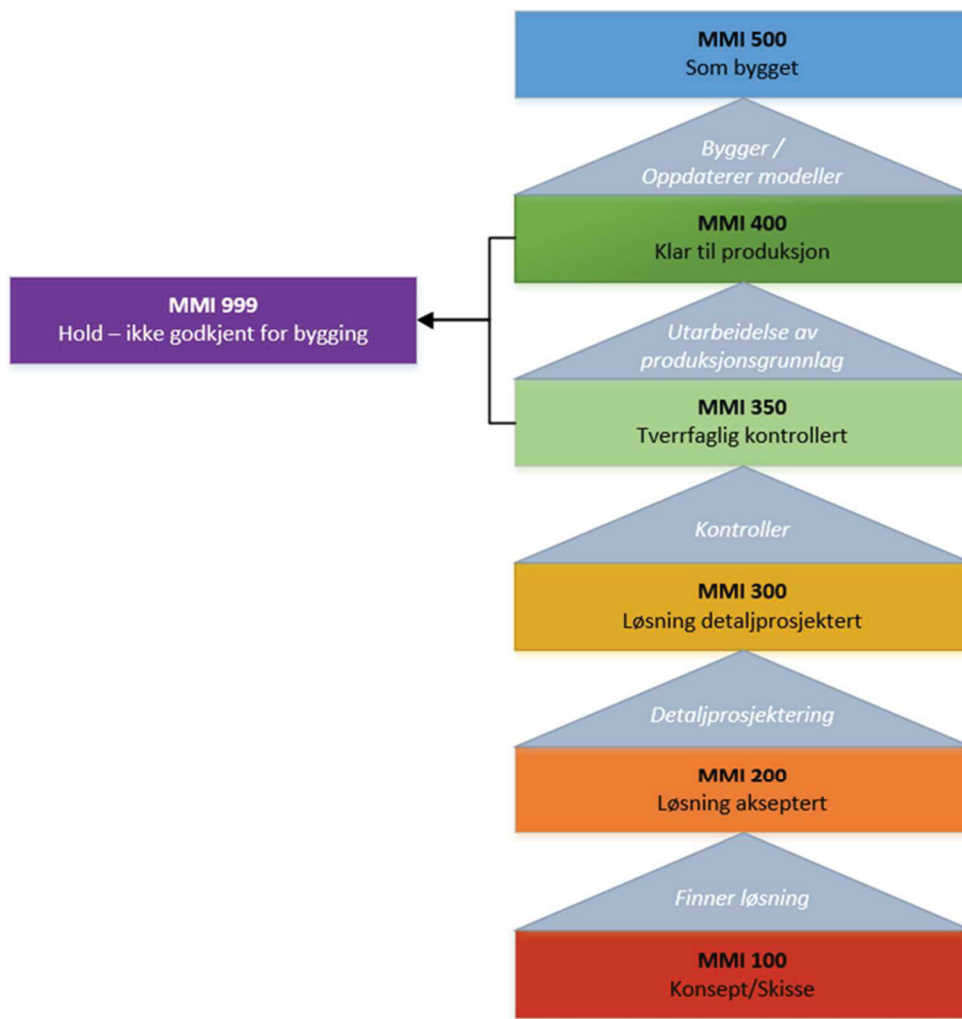
MMI representerer modellmodenhet ut fra parametere i modellen knyttet til geometri, informasjon og prosess. Disse parameterne brukes til å beskrive modenheten i modellene, men er også benyttet som funksjonsbeskrivelser for å planlegge modellmodenhet i prosjektene. Prosjekt A, B og C planlegger fremdrift med utgangspunkt i MMI for å beskrive designaktivitetene i prosjekteringsplanen.

Både prosjekt A, B og C hadde definert MMI-verdiene i prosjektene før EBA-veilederen kom ut. Det er kun i prosjekt C at definisjonen av MMI er tilsvarende lik veilederen fra EBA. Dette er fordi entreprenøren i prosjekt C var med å definere EBA veilederen. MMI definisjonen i prosjekt A er svært lik definisjonen i veilederen, men er tilpasset for de behovene de har for MMI i prosjektet. I prosjekt B ble det benyttet statuskoder som har bakgrunn og i olje- og gass bransjen. I prosjekt D er det ennå ikke bestemt hvordan prosjektgruppen velger å håndtere modellmodenhet i prosjektet.

I prosjekt A er det hovedsakelig 5 nivåer som er benyttet for MMI. MMI nivåene er illustrert i figur 29. De har likevel noen flere statuser, men er mer sett på som et mellomledd for prosjektering. MMI 100 er definert som konsept og skisse. MMI 200 er akseptert løsning. MMI 300 er detaljprosjektert løsning. MMI 350 er tverrfaglig kontrollert løsning. MMI 400 er klar til produksjon. MMI 500 er ferdig bygget. I tillegg til dette er det definert en status mellom MMI 350 og MMI 400 med betegnelsen MMI 999 definert som «hold», som betyr at løsningen ikke er godkjent for bygging da den ikke ble tverrfaglig godkjent. I praksis er MMI 999 lite brukt og modeller som ikke er tverrfaglig godkjent detter ned igjen til MMI 300.

For MMI i prosjekt B er begrepet definert som objektstatus, med forkortelsen OS, illustrert i figur 30. I prosjektet ble det definert 3 statuser, OS1, OS2, OS3 og OS4. OS1 er definert som ikke klar for kontroll, OS2 klar for kontroll, OS3 ferdig kontrollert og OS4 produksjonsunderlag. MMI og OS har hovedsakelig de samme definisjonen, forskjellen er at i GS ble det hoppet over skisse-statusen, og at man heller gikk rett på prosjektering.

Selv om prosjekt D enda ikke har landet på hvordan de ønsker å definere MMI, ser de at det blir veldig mange tallkoder å følge dersom man skal ta utgangspunkt i veilederen til EBA. For prosjekt D blir MMI-definisjonen for detaljerte, og prosjektgruppen ser at de er nødt til å generalisere mye mer, fordi man i prosjektet ikke kommer til å kontrollere på objektnivå.



Figur 29: MMI Prosjekt A

Status	Parameter	Farge
Objektet er foreløpig plassert (Ikke klart for kontroll)	OS1	Red
Objektet er klart for tverrfaglig koordinering (Forslag til plassering)	OS2	Yellow
Objektet er godkjent tverrfaglig kontroll (Frys plassering)	OS3	Light Green
Objektet er klart for utførende (Ferdig kontrollert og låst plassering)	OS4	Dark Green
Objektets plassering er "som bygget" (Ferdig utført)	OS5	Blue

Figur 30: MMI prosjekt B

Prosjekt A og C har omtrent samme definisjoner av MMI, den største forskjellen er MMI 999 som i prosjekt A settes på ikke godkjente tverrfaglige løsninger. Dersom man ser bort fra skissestadiet i prosjekt B har prosjekt A, B og C omtrent de samme definisjonen for prosess og modenhet for modeller og objekter i prosjekteringen. Både prosjekt A og C opererer med egne definisjoner for informasjon og geometri. OS har derimot ingen krav til informasjon, og kun plassering er definert for geometri. Det som er viktig å merke seg både for prosjektene A, B og C, er at det er når fagene er tverrfaglig kontrollert at man låser objektene. Dette betyr at man i utgangspunktet ikke flytter eller endrer på objekter og modeller med denne statusen dersom det ikke er helt nødvendig.

MMI er i prosjekt A, B og C definert slik at modenheten gradvis utvikles. Målet med dette er å gjøre det mulig for de prosjekterende å ta hensyn til avhengighetene mellom de prosjekterende fagene slik at man får en parallell utvikling av modellene.

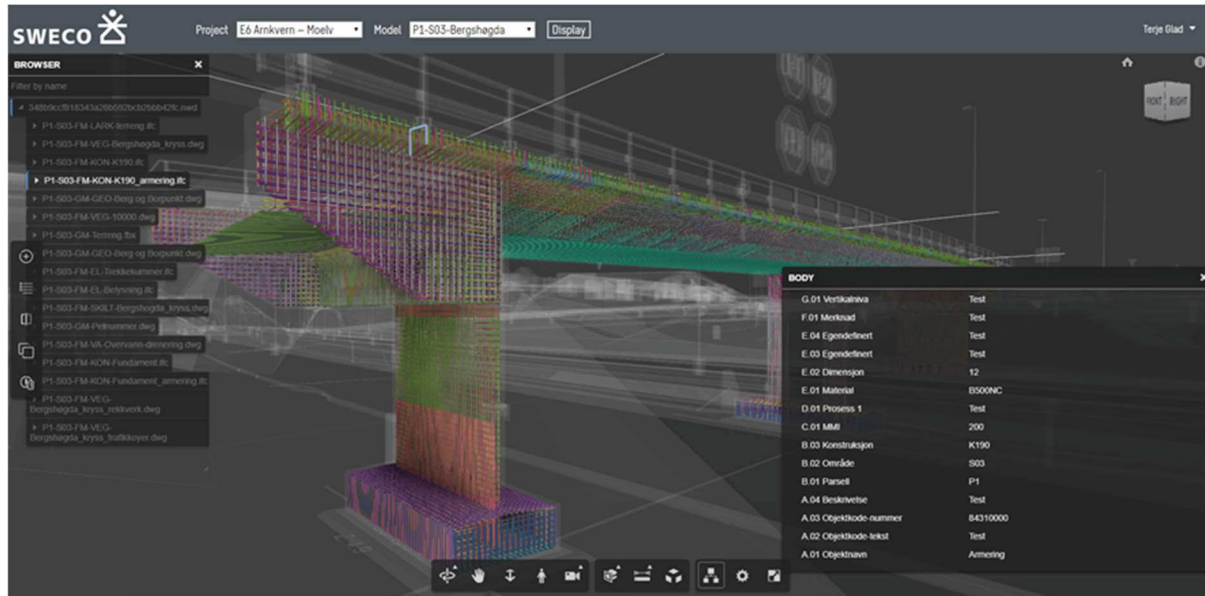
Et fag må ha en hvis modenhet for at et annet skal kunne starte sin prosjektering. Og det er en del av fremdriftsplanleggingen, og da vet de også når det grunnlaget er klart slik at de kan begynne å jobbe med det.

- Informant H

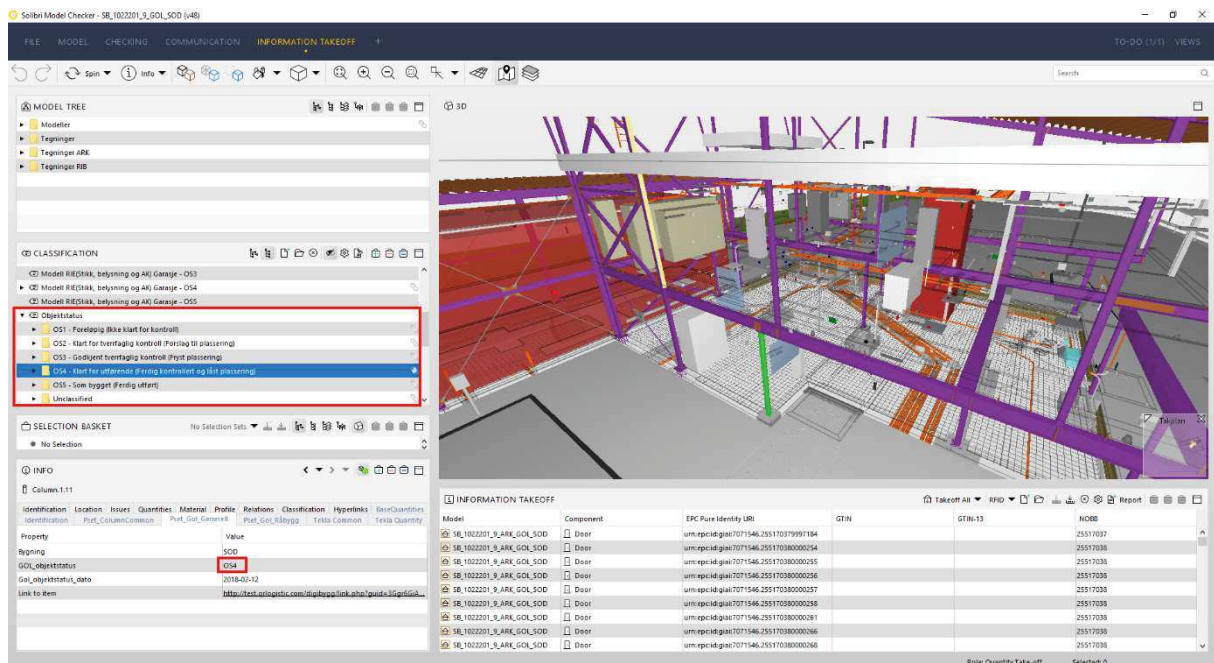
MMI fungerer på denne måten som en indikator på hvor langt de prosjekterende fagene har utviklet sin løsning, slik at de prosjekterende fagene prosjektere videre på sine egne løsninger uten å ta for store risikoer.

4.3.1.1 Bruk av MMI

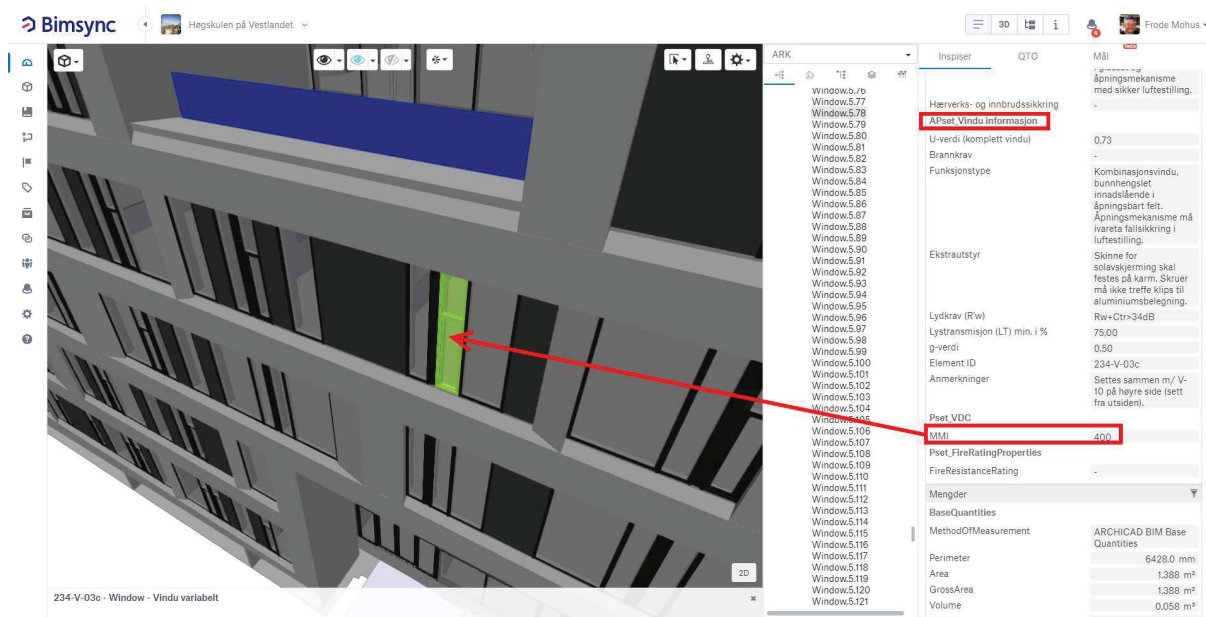
MMI settes hovedsakelig på objekter for å markere modenheten i prosjektet. Både prosjekt A, B og C markerer objektene i modellene med en MMI-verdi.



Figur 31: MMI på objekter i prosjekt A



Figur 32: MMI på modeller i prosjekt B



Figur 33: MMI på objekter i prosjekt C

I tillegg til at MMI settes på objektene vil man i prosjekt A, B og C sette MMI verdier på modell-leveransene i prosjektet.

4.3.1.2 Målet med MMI

MMI legger et grunnlag for å definere ferdighetsgraden i modeller og objekter ved å definere verdier som tar utgangspunkt i geometri og informasjon. I tillegg er MMI knyttet opp mot prosjekteringsprosessen for å fortelle noe om modenheten på modeller og objekter. Fordi modellen kan ha utrolig mye informasjon og geometri, betyr ikke dette nødvendigvis at det er den riktige geometrien og informasjonen. MMI verdiene knyttet til prosessene sier noe om modellene og objektene har riktig informasjon og geometri. MMI forteller dermed noe om kvaliteten og verdien på geometrien og informasjonen i modeller og objekter.

Vi ser på ulike statusparametere, og det er forholdvis noe som kan fortelle en verdi på objektet, objektets kvalitet. Som gruppen har sett på nå er det både relevant for internt i hvert fag, men også for bruk av modell. Særlig det siste er at vi ønsker å minimere tegningsproduksjon i prosjektet og da må vi faktisk på lik linje som at det står stemplet arbeidstegning så må vi vite at et objekt er arbeidsobjekt.

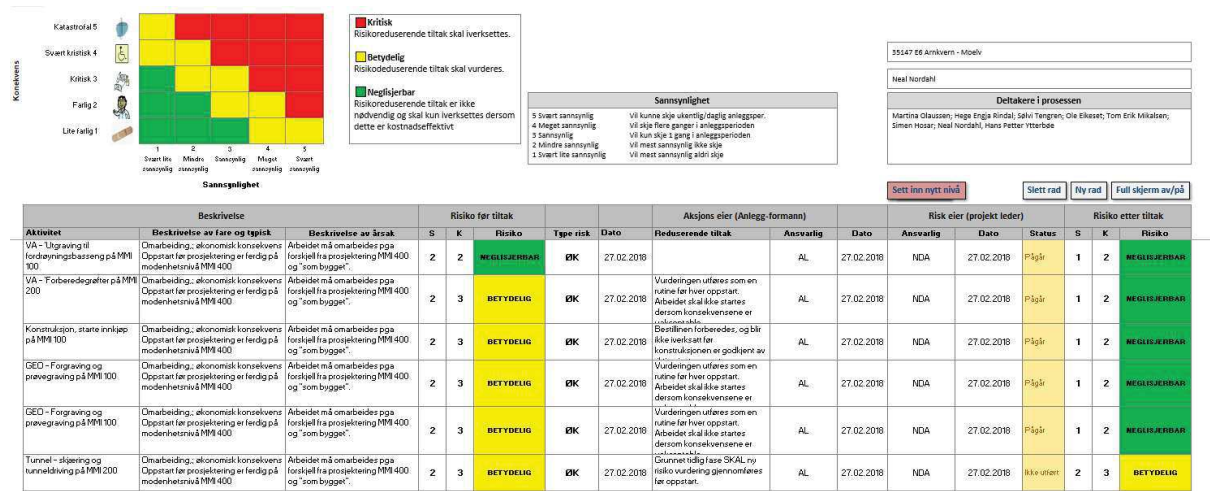
- Informant L

Målet med MMI er å tydeliggjøre modenhet i modellen, som gjør det enklere for både prosjektering og produksjon å stole på den informasjonen som ligger i modellen. MMI brukes til å identifisere usikkerhet og risikoer knyttet til prosjektering og produksjon. MMI definisjonene sier noe om modenhet til

modellen og løsningene som er prosjektert. En høyere MMI vil være mer egnet å jobbe etter enn for en lav MMI. På denne måten fungerer MMI som et språk for å identifisere risiko. For de prosjekterende betyr dette at dersom de prosjekterer på en løsning med lav MMI, er det større sannsynlighet for iterasjoner enn om løsningen hadde vært låst. For produksjon vil det å prosjektere etter en MMI som ikke er definert som produksjonsunderlag kunne medføre omarbeid og kostnadsoverskridelser.

4.3.1.3 Risiko

I prosjekt A har entreprenøren utformet en risikoanalyse knyttet til det å bruke modeller som ikke er stemplet som produksjonsunderlag, vis i figur 34.



Figur 34: Risikoanalyse

Målet med risikoanalysen er å finne ut hvilke konsekvenser man kan få dersom man velger å bruke underlag som ikke er ment for å bygge etter. Det er tilfeller der entreprenøren har lyst til å begynne å bygge selv om underlaget ikke er på plass. Dette er fordi man vet at det er enkelte ting som ikke krever et like detaljert produksjonsunderlag tidlig i prosjektet, enn det som man er nødt til å ha senere i prosjektet.

MMI bruker vi til planlegging av fremdrift, og så bruker vi det til å skape en forståelse for hvordan situasjonen er og hvor ferdig noe er. Entreprenøren har iblant behov for enn lavere MMI enn helt ferdig. Si du skal begynne med grunnarbeidet, da trenger du kanskje bare vite hvordan traseen skal ligge. Om vi leverer en modell som er MMI 200, løsningen er da godkjent, men den er ikke tverrfaglig kontrollert og nødvendigvis klar til konstruksjon. Da kan entreprenøren ta en vurdering basert på MMI nivået og hvilke konsekvenser som kan følge av det av å bruke noe som nødvendigvis ikke er ferdig.

- Informant I

Ved å analysere risiko ved å bygge før MMI 400 (produksjonsunderlag) vil det likevel være mulig å bygge fordi man basert på andre MMI-nivåer kan vurdere påliteligheten for det som er prosjektert.

4.3.2 Samhandling

Prosjektene prosjekterer med utgangspunkt i samtidig prosjektering. Dette innebærer at de prosjekterende jobber i en parallell og samtidig arbeidsprosess. Disiplinene i prosjektene jobber sammen om problemstillingene gjennom hele prosjektet. Samtidig prosjektering er krevende fordi de prosjekterende i større grad er avhengig av hverandre for å kunne prosjektere sine løsninger.

Det handler kanskje ikke om modellmodenhet men prosjektering generelt, de prosjekterende er gjensidig avhengige av hverandre. Du prøver å gjøre iterasjonene minst mulig, og bruker ICE-metodikk for å få gode forberedelser og gjennomføringer sånn at du får diskutert og testet muligheter sånn at du kommer videre uten å rykke tilbake til start.

- Informant D

Fordi de prosjekterende er gjensidig avhengige av hverandre vil parallell prosjektering medføre iterasjoner. For å redusere konsekvensene iterasjonene kan medføre er det i prosjektene lagt til å planlegge for iterasjoner, og styre prosjektene gjennom felles møter for å sikre felles forståelse og identifisering av potensielle avhengigheter og hindringer. Bruk av møter for å planlegge og avklare fremdrift tar utgangspunkt i å skape mindre og tettere iterasjoner for å sikre at de prosjekterende jobber etter de samme forutsetningene. Både planlegging og kontrollering av fremdrift og modellsjekk er blitt gjennomført i ICE-møter.

ICE-møter er benyttet for å koordinere og kjøre sammen fag og løsninger. Prosjektene forsøker å involvere de relevante aktørene i planleggingen slik at man kan ta beslutninger knyttet løsninger og avklaringer.

En utfordring som jeg brenner litt for er integrasjonen mellom de som skal bygge og de som skal prosjektere. Jeg tror at skal vi sikre gode og byggbare løsninger så må de som skal bygge det på banen tidlig sånn at vi prosjekterer byggbart.

- Informant C

Entreprenør tar stort sett del i prosjekteringsmøtene og tverrfaglige kontrollmøter sammen med de fagansvarlige og prosjektledelsen for å sikre at det som prosjekteres er byggbart.

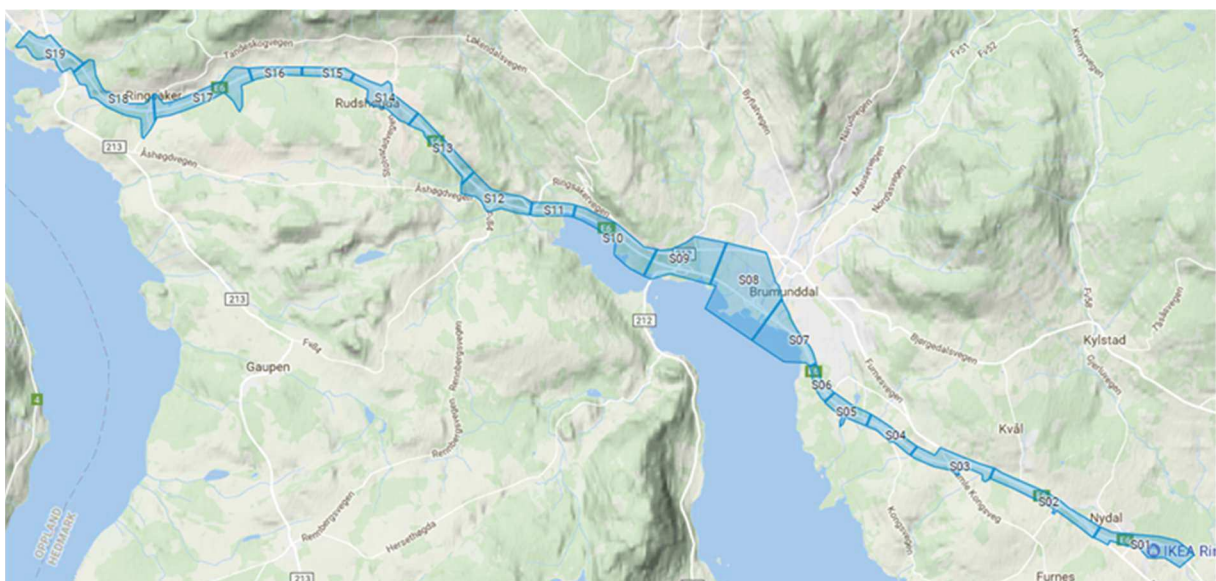
4.3.3 Kontrollområder

Siden alle prosjektene benytter seg av en VDC-tilnærming er det ikke å forvente at planleggings- og prosjektstyringsprosessen i de forskjellige prosjektene skal være så forskjellig fra hverandre. Både prosjekt A, C og D velger å bryte prosjektet ned i kontrollområder. Kontrollområder kan i andre prosjekter betegnes som kontrollsoner. Det å bryte prosjektet ned i biter gjør det enklere å håndtere prosjektet. For prosjekt B ble prosjektet derimot ikke brutt ned i kontrollområder. Prosjektet var såpass lite at man ikke støtte på noen problemer ved å prosjektere for hele bygget på en gang.

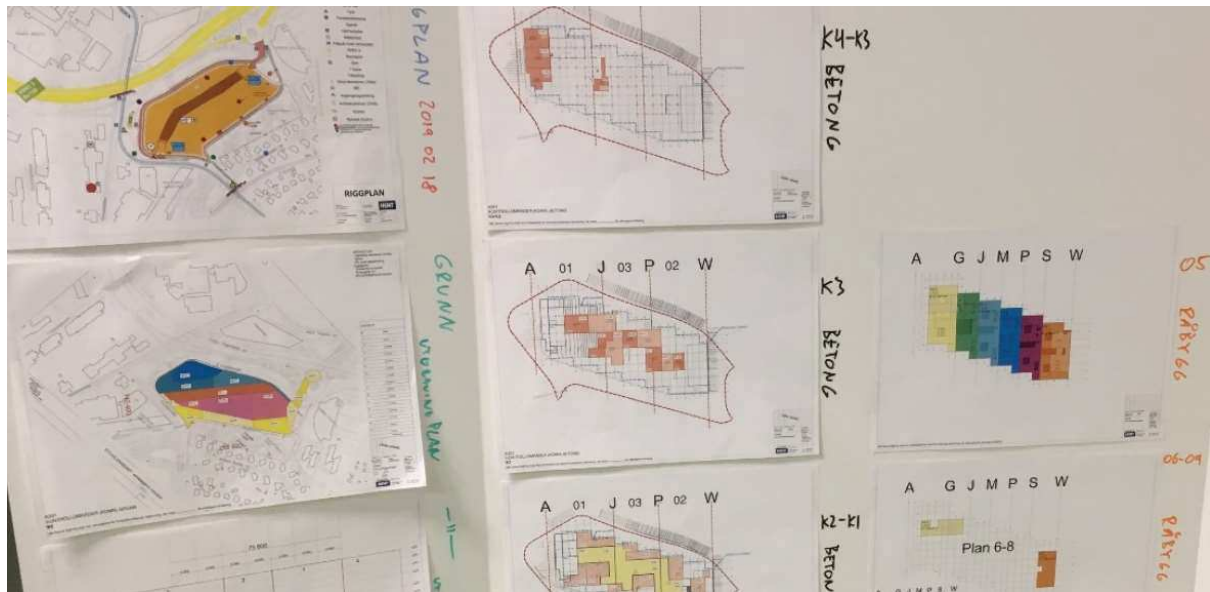
Dette bygget er ganske lite, så man prosjekterte ikke halve bygget, det var lett å prosjektere alt samtidig. Bygget kan sees på som en liten sone i en annen stor modell. I et annet prosjekt ville man normalt delt prosjektet opp i områder og pakker.

- Informant L

Størrelsen på kontrollområder er definert av hvor komplekst prosjektet er og mengden av det arbeidet som skal gjøres, dette kommer godt frem både i prosjekt A og C. I inndelingsarbeidet for soner er det i prosjekt C blitt lagt fokus på innredningsarbeidet i prosjektet. Kontrollsonene i dette prosjektet er delt opp etasje-vis, hvor den største kontrollsonen er opptil en halv etasje. Målet med soneinndeling har vært å tilrettelegge for en systematisk ferdigstilling av prosjektet. I prosjekt A er prosjektet først del opp i 2 deler, som igjen er delt opp slik at den totale veistrekningen består av 19 mindre soner. Hver sone har en omtrent størrelse på 2 km. I prosjekt A har det å dele prosjektet opp i mindre ført til en bedre utvikling av prosjektet. Prosjekteringsprosessen har da foregått slik at de prosjekterende etappevis beriker kontrollområdene.



Figur 35: Kontrollområder prosjekt A



Figur 36: Kontrollområder i prosjekt D

Prosjekt D er et veldig stort prosjekt, og har derfor valgt å operere med både kontrollområder og kontrollsoner. Dette kan sammenlignes med fremgangsmåten som også er valgt i prosjekt A, men at det i dette prosjektet tar en enda mer detaljert tilnærming til prosjektnedbrytningen. En årsak til dette er det store utstyrsprogrammet knyttet til prosjekt D, og det vil derfor være nytting å ha mindre soner å forholde seg til. Kontrollsonene i dette prosjektet vil være alt fra etasjer til bygningsdeler og rom. Både prosjekt A og D definerer de mindre sonene med en verdi som setter sonene i et hierarki til kontrollområdene. I prosjekt A og D er det definert de samme kontrollområde for prosjektering og produksjon, fordi man ønsker at prosjektering og produksjon jobber i felles takt.

4.3.4 Planlegging

For å tilrettelegge for parallell utvikling av de prosjekterende er det viktig å ha en god planleggingsmetodikk. Siden prosjektene har jobbet ut fra en VDC tilnærming har alle prosjektene tatt utgangspunkt i Last Planner både for å planlegge designaktivitetene i prosjektet, men også for å kontrollere og justere designaktiviteter i henhold til fremdrift.

Det skjer utrolig mye i detaljprosjektering, det er mange mennesker og prosesser samtidig som må koordineres. Jeg er usikker på hvordan har folk hatt kontroll uten en god planleggingsmetodikk, måten vi gjøre det på med Last Planner synes jeg er veldig god.

- Informant C

Uten en god planleggingsmetodikk vil det ikke være mulig å kunne vedlikeholde en parallell utvikling av prosjekteringen. Planleggingen med bruk av Last Planner ser etter å avdekke og identifisere hindringer og avhengigheter som kan påvirke fremdriften for prosjekteringen i prosjektene. Last Planner metodikken består av en rekke prinsipper knyttet til planlegging og prosjektstyring. Planleggingen i prosjektene er basert på tenkningen til Last Planner, men prosjektgruppene har valgt å tilpasse metoden noe, dvs. at de har valgt å benytte seg av de prinsippene som de har ønsket å benytte i prosjektene. Det er hovedsakelig to prinsipper som har blitt mye brukt; bakover-planlegging og lappeplanlegging.

Lappeplanlegging er benyttet i både prosjekt B, C og D, men ikke i prosjekt A. Det var riktignok et forsøk på å ta i bruk lappeplanlegging i prosjekt A, men det ble ikke tatt videre i prosjektet. Prosjekt C og D brukte også bakover-planlegging i stor grad for å tidlig definere designaktivitetene i prosjektet. Prosjekt B, C og D knyttet designaktivitetene opp til statuskoder, som ble benyttet for å definere funksjonskravene og utviklingen av modenhet i modellene. MMI ble benyttet for å fortelle hva leveransene til designaktivitetene skulle innholdet, og hvilken modenhet som er nødvendig for at andre skal kunne prosjektere etter de modellene som er levert. Prosjekt D brukte ikke MMI i planleggingen fordi prosjekteringsgruppen ennå ikke hadde definert hvilken tilnærming som skal benyttes i prosjektet.

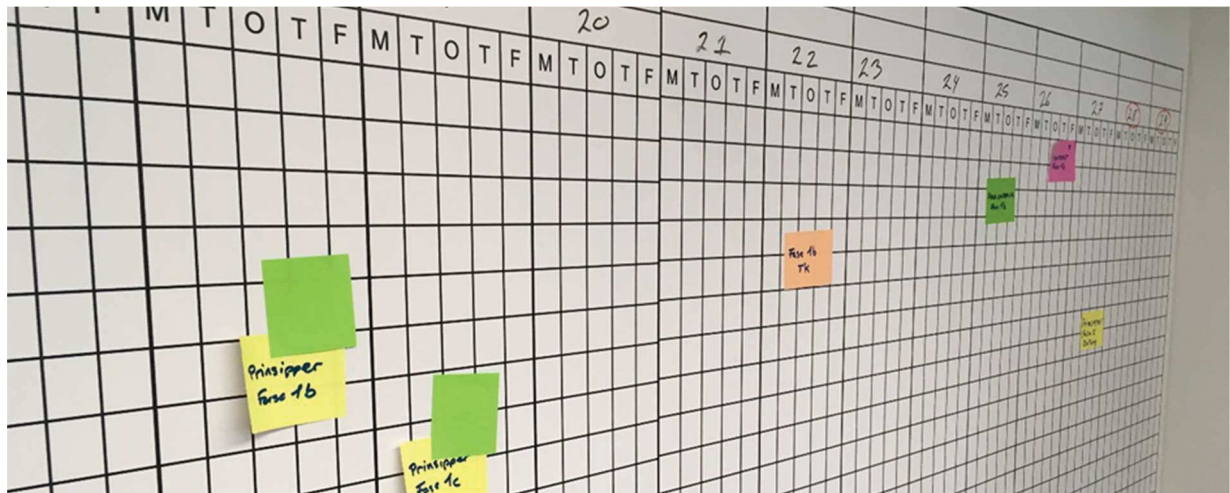
Prosjekt	Lappeplanlegging	Bakover-planlegging	MMI	Sakshåndterings-verktøy	Milepælsplanlegging
Prosjekt A	Nei	Nei	Ja	Jira	Ja
Prosjekt B	Ja	-	Ja	BIM-Collab	Ja
Prosjekt C	Ja	Ja	Ja	BIM-Sync	Ja
Prosjekt D	Ja	Ja	Nei	BIM-Collab	Ja

Tabell 6: Planleggingsmetoder

For lappeplanlegging planla både prosjekt B og C fremdriften i prosjektene ved å klistre post-its eller lapper på en tavle eller vegg i møterommet. I prosjekt D ble lappeplanlegging gjennomført med Touchplan, som er en digital løsning for å gjennomføre tavleplanleggingen på. Prosjektene erfarte at lappeplanleggingen gjorde det enklere å planlegge for avhengigheter fordi man kunne justere planene frem og tilbake ettersom det ble nødvendig. Bakover-planlegging i prosjekt C og D tok utgangspunkt i oppstart hos produksjon og jobbet fra denne for å planlegge designaktivitetene for prosjektering.

Arbeidet bør starte ved prosjektoppstart og pågå i iterasjoner gjennom hele prosjektet. Dette krever såkalt bakover-planlegging der en starter med hvordan en ønsker at resultatet skal være (Statsbygg, 2018).

Beskrevet i strategien for systematisk ferdigstilling i handler bakover-planlegging i prosjekt D om å ta utgangspunkt i når man ønsker at resultatet skal være ferdig, og så planlegge bakover fra dette.



Figur 37: Tavleplanlegging

Prosjekt A har verken lappeplanlegging eller bakover-planlegging som primære planleggingsmetoder for å planlegge fremdriften i prosjektet. Det er de fagansvarlige i samarbeid med entreprenør som setter opp prosjekteringsplanen. Både prosjekt A og B tar utgangspunkt i designaktivitetene som er mest påtrengende og planlegger leveransene for disse. Målet med tavleplanlegging var å skape en forståelse for de tverrfaglige avhengighetene, hva som er gjort og hvilke løsninger som andre prosjekterende venter på. Prosjekt A har valgt å ikke bruke tavleplanlegging fordi de følte at Jira tilbydde mye av den samme funksjonaliteten. Jira i likhet med BIM-Sync og BIM-Collab er et proprietært problemsporingsprodukt med utgangspunkt i smidig prosjektstyring. Jira gjør det mulig å tildele aktiviteter eller oppgaver direkte til aktuelle fag og personer for å få løst et problem eller en utfordring.

Prosjekt C og D har også valgt å benytte seg av digitale verktøy for å støtte planleggingsprosessen. I tillegg til tavleplanlegging og digital fremdriftsplan har prosjekt C brukt BIM-Sync som tiltaksliste. I likhet med Jira tilbyr BIM-Sync muligheten til å registrere avtaler på tvers av de prosjekterende, og gjør det mulig for prosjektledelsen å kunne følge dette i prosjekteringsprosessen. Prosjekt D bruker derimot BIM-Collab for å skape innsyn og følge opp saker i prosjekteringen.

For å støtte prosjektering benytter prosjekt D seg i tillegg av et prosessverktøy som heter Genius. Målet med dette verktøyet er å strukturere designaktivitetene i prosjektet. Prosessplattformen bryter prosjektet ned i milepæler, leveranser, nøkkelpunkter og aksjoner. Milepælene setter fremdriften i prosjektet, hvor milepælene består av en rekke leveranser, som igjen består av aksjoner og nøkkelpunkter.

Noen utfordringer som er i sånne store prosjekter er å holde kontroll på informasjon og kunnskapsmengden, hvilke bestillinger eller oppgaver som kommer, hvordan vi klarer å følge disse, og beslutte hvilke vi skal følge og hvordan vi følger disse helt til mål. Det er en risiko at informasjonen eller behov som dukker opp rett og slett blir mistet på veien og at du ikke klarer

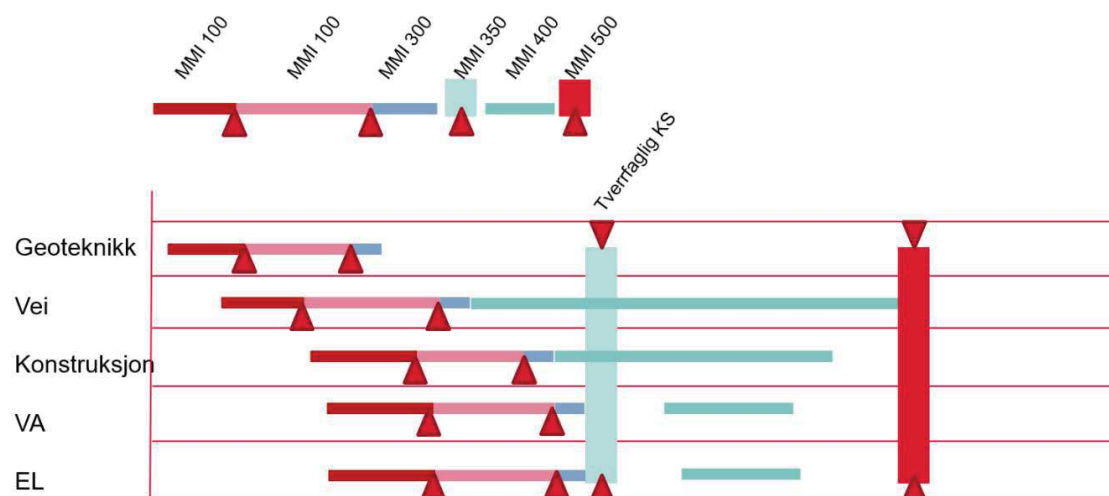
å følge opp alle. Noe av det vi prøver på gjennom milepælsplanleggingen og prosessplanlegging å markere disse punktene på planen for å følge dem.

- Informant K

Hensikten med milepæler er å legge et grunnlag for å kunne følge oppgaver og aktiviteter i prosjektet. Ved å sette milepæler for designaktiviteter og leveranser vil de prosjekterende ha en fremdrift å forholde seg til. Milepælene bryter prosjektet opp slik at prosjektledelsen kan ta kontroll over delementene i prosjektet.

Å bryte prosjektet inn i mindre deler gjør prosjektet med håndterbart, og gjør det mulig å planlegge leveranser og aktiviteter inn mot milepælene. Prosjektene planlegger prosjekteringen ved å først definere milepæler i prosjektet. Selv om prosjektene hadde forskjellige utgangspunkt for planleggingen har alle prosjektene likevel benyttet seg av milepæler for å definere utgangspunktet for leveranser og aktiviteter. Prosjekt C og D definerer milepælene med utgangspunkt for produksjon, mens prosjekt A og B definerer milepælene ut fra når entreprenøren bestemte at produksjonsunderlaget måtte ligge klart. For å planlegge fremdriften i prosjekt B ble det tatt utgangspunkt i prinsippene fra Lean metodikk. Det var regelmessige møter i prosjektet for å planlegge og sjekke aktiviteter knyttet til å definere prosjekteringsplanen og avklaring av avhengigheter. I prosjektmøtene så planla man fremdriften for en periode, og gjennom flere møter ble hele prosjektet planlagt.

Bruken av milepæler og prosjektnedbrytning er svært lik i de forskjellige prosjektene. Prosjektnedbrytningen er i Prosjekt A, B og C definert med MMI-verdier for de forskjellige fagene, i prosjekt D er milepælene derimot definert ut fra tradisjonelle beskrivelser for prosjekteringsunderlag og produksjonsunderlag. Prosjekt A illustrerer godt hvordan kombinasjonen mellom milepæler og MMI er tenkt. Milepælene i prosjekt A tilsier når de forskjellige kontrollområdene skal være ferdig på ulike MMI-nivå. Leveranser og designaktiviteter planlegges og settes av de fagansvarlige inn mot de aktuelle milepælene. Figur 38 viser hvordan de forskjellige fagene jobber seg frem for å prosjektere løsningene.



Figur 38: Milepælsplanlegging

Fagene som er avhengige av et prosjekteringsgrunnlag vil ha oppstart senere enn fag som vil ha en tidligere prioritering, slik at de fagene som må ha beslutningsmyndighet tidligere legger føringene for løsningen i prosjekteringen. Milepælene bestemmer når hvert fag skal nå det tilsvarende MMI nivåene. I prosjektene vil milepælene også fungere som indikatorer på kontroller. De fagansvarlige gjennomfører en-faglige kontroller for skisse, ferdig konsept og klar for tverrfaglig kontroll. Hvor milepælene tilsier en-faglig fremdrift vil MMI 350 derimot indikere en felles milepæl for alle prosjekterende. Her kontrolleres modellene mot hverandre for tverrfaglige kollisjoner. En forutsetning for å kunne planlegge og kontrollere fremdrift i Last Planner er at prosjektene har en prosjektnedbrytningsstruktur som lar seg integrere med Last Planner metodikken.

Planlegging innebærer det å se på leveransene. De involverte må definere det de trenger for å kunne levere, og prøve og sette opp aktivitetene på planen i henhold til det.

- Informant D

Det å bryte opp prosjekteringsarbeidet ned i milepæler og leveranser gjør det mulig for de involverte å ta stilling til hindringer og avhengigheter som oppstår i det man skal prosjektere parallelt. I likhet med det å bryte prosjektet inn i kontrollområder vil det å bryte prosjekteringsarbeidet inn i designaktiviteter gjøre det enklere å planlegge og definere det arbeidet som skal gjøres.

Lean Gjennomføring handler om å gjøre ting riktig, kommunisere godt og bryte ned prosessen ned i håndterbare størrelser slik at det blir håndterbart. ... Vi setter milepæler, nøkkelpunkter, leveranser og aksjoner på veien for å bryte dette opp slik at vi klarer å ta kontroll over de elementene. ... Da går det på at vi prøver å planlegge prosessene.

- Informant L

Hensikten med milepælsplanlegging og bruk av lappe- og bakover-planlegging er å gjøre det lettere for de prosjekterende å gjennomføre sine arbeidsoppgaver og for prosjektledelsen å kontrollere fremdriften i prosjektet. Dette er gjennomført ved å bryte prosjektet ned i biter, slik at de prosjekterende ikke lengre er nødt til å forholde seg til hele prosjektet, og strukturer disse for å avdekke og identifisere avhengigheter som kan skape hindringer eller risikoer i prosjektet. Planleggingsprosessen handler dermed å bryte opp prosjektet og sette det i takt i henhold til fremdrift og avhengigheter.

Samtidig prosjektering og produksjon er vanskelig. For å lettere planlegge og prosjektere for produksjon har prosjektene valgt å dele kontrollområdene for prosjektering inn i de samme kontrollområdene for produksjon.

Det er egentlig det jeg ser for meg at det er vi eller entreprenøren som må definere kontrollområdene, for vi ønsker at kontrollområdene i produksjon skal være de samme som i prosjektering sånn at vi jobber i samme takt.

- Informant L

I tillegg til at det er enklere å håndtere prosjekter i henhold til fremdrift og avhengigheter, gjør felles kontrollområder det enklere å ferdigstille deler av prosjektet, mens andre deler kanskje ennå er under produksjon.

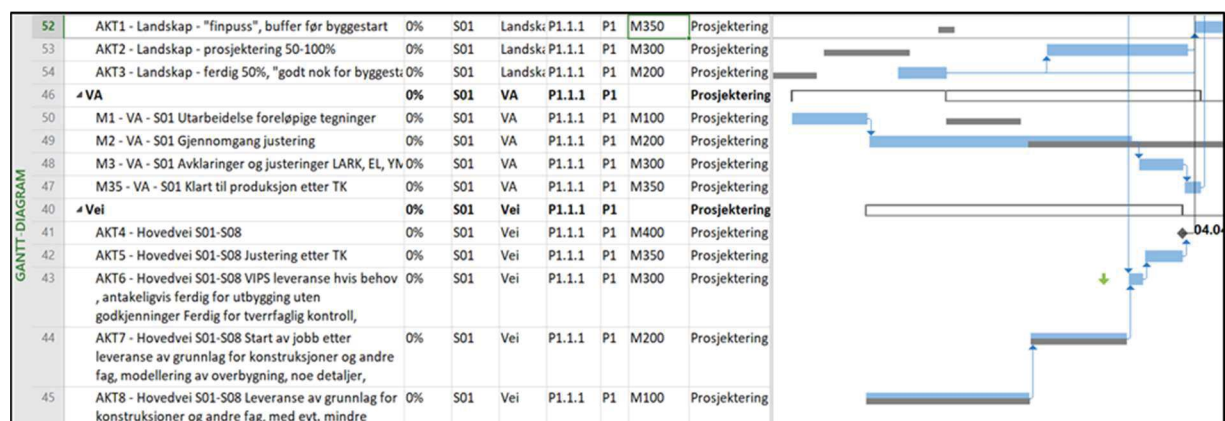
Du må ikke bygge hele bygget før du kan teste en sone. Du kan teste en og en sone mens du holder på.

- Informant D

Det å sette prosjektering og produksjon i en felles taktplan vil gjøre det enklere å justere og trekke aktiviteter og leveranser i planen ettersom det oppstår behov. Bruk av milepælsplanlegging i kombinasjon med MMI sikrer riktig geometri og informasjon i prosjektet, i tillegg vil usikkerheten bli betydelig mindre av å knytte dette opp mot prosessene, hvor de involverte kjenner til at riktig informasjon er tilgjengelig til riktig tid. Aktiviteter og leveranser satt opp i takt ved bruk av milepæler og MMI sikrer en høyere forutsigbarhet ved å definere ferdigstillelse i mindre definerte soner og områder.

4.3.5 Fremdriftsplan

Hvordan de forskjellige prosjektene setter opp fremdriftsplanen og kontroller fremdriften i prosjektet sier noe om hvilket fokus prosjektene har i forhold til prosjektstyringen. Hvor mye fokus de forskjellige prosjektene har på å kontrollere fremdrift kan ha noe å si om hvilket utgangspunkt prosjektene har i å planlegge fremdrift.



Figur 39: Prosjektplan prosjekt A

Prosjekteringsplanen i prosjekt A rapporterer hovedsakelig på arbeidspakker, men kan også rapportere på objekter, alt ettersom hvor store arbeidspakkene og objektene er. Prosjekteringsplanen i prosjekt A beskriver til hvilken dato de forskjellige designaktivitetene skal oppnå bestemte MMI-verdier. Planen er illustrert i figur 39. Designaktivitetene i prosjekteringsplanen er avgrenset av de forskjellige kontrollområde og er knyttet til fag, oppstartsdato og frist.

ST01...	▲ Servicebygg	158d	25/08/2017	26/02/2018
ST01...	▲ Armering og fundamentering	43d	20/11/2017	08/01/2018
ST03...	OS1	13d	20/11/2017	04/12/2017
ST03...	OS2	13d	04/12/2017	18/12/2017
ST03...	OS3	13d	18/12/2017	01/01/2018
ST03...	OS4	7d	01/01/2018	08/01/2018
ST01...	▲ Klimaskjerm og innervegger	42d	16/10/2017	01/12/2017
ST02...	OS2	14d	24/10/2017	08/11/2017
ST02...	OS3	14d	08/11/2017	24/11/2017
ST02...	OS4	7d	24/11/2017	01/12/2017
ST02...	OS1	7d	16/10/2017	23/10/2017

Figur 40: Prosjektplan prosjekt B

Prosjekteringsplanen i prosjekt B var utformet slik at den la fremdriften for status på arbeidspakker og objektgrupper. Siden bestillingen til å bruke OS kom sent i prosjektet var det kun elektro som benyttet seg av en fremdriftsplan knyttet til modellmodenhets-verdier. Planen er i likhet med prosjekteringsplanen i prosjekt A satt opp etter kontrollområdene. Prosjekteringsplanen for modenheten i prosjekt B har også en oppstartsdato og frist som forteller noe om når de forskjellige designaktivitetene skal ha oppnådd den tilsvarende OS-verdien.

224	Riveplan teknisk	1 dag	09.02.18	09.02.18		TTE	0%							
225	Løsning trapp utvendig - bæring og bygningsfysikk	1 dag	16.02.18	16.02.18		RIB	0%							
226	Plantegning midl installasjoner	1 dag	16.02.18	16.02.18		RIE	0%							
227	Bæring inn mot kommunehus MMI 300	1 dag	16.02.18	16.02.18		RIB	0%							
229	Tegning tunell MMI400	1 dag	16.02.18	16.02.18		RIB	0%							
232	Etasjehøyder	1 dag	23.02.18	23.02.18		ARK/RIV	0%							
233	Tekniske hovedføringer MMI100	1 dag	23.02.18	23.02.18		RIR	0%							
234	Tekniske sjakter - plassering	1 dag	23.02.18	23.02.18		TTE	0%							
235	Skisse sprinkler 1.etg MMI 100	1 dag	23.02.18	23.02.18		RIR	0%							
237	Lydrapport - foreløpig	1 dag	23.02.18	23.02.18		RIA	0%							
238	Forsterkninger eks søyle kjøpesenter MMI300	1 dag	02.03.18	02.03.18		RIB	0%							

Figur 41: Prosjektplan prosjekt C

Selv om prosjekt C hovedsakelig benyttet lappeplanene til planlegging og kontrollering av fremdrift, eksportere de også prosjekteringsplanen til MS Project. Prosjektplanen og tavleplanen vil likevel ha den samme prosjektnedbrytningsstrukturen. Fremdriftsplanen var satt opp i forhold til milepæler og leveranser som var knyttet til datoer, frister, fag og kontrollområder. I motsetning til lappeplanleggingen er derimot fremdriftsplanen ikke i like stor grad definert ut fra MMI-verdier.



Figur 42: Prosjektplan prosjekt D

For å holde følge med fremdriften i prosjekt D benytter prosjektgruppen seg av prosessverktøyet Genius og tavleplanlegging. Prosessverktøyet setter prosjekteringsplanen opp som en taktplan med utgangspunkt i milepælene. Milepælene er satt opp i forhold til faser og kontrollområder. Milepælene er avhengighet av leveranser, nøkkelpunkter og aksjoner. Disse er knyttet til fag, datoer, og frister i prosjektet.

4.3.6 Kontroll av fremdrift

Det å vite faktisk fremdrift i prosjektene er viktig for å kunne kontrollere om prosjektet holder seg innenfor de rammene som er satt til fremdrift i prosjektet. Entreprenøren er nødt til å ha produksjonsunderlaget til riktig tid ikke bare fordi den skal bygges etter, men også for at entreprenøren skal kunne komme med tilbakemeldinger og kommenterer til løsningen i god tid for produksjonen faktisk starter. For å sikre at prosjektet går fremover i henhold til fremdriftsplan, blir fremdriften i prosjektene kontrollert opp mot faktisk fremdrift. Å kontrollere fremdriften i prosjektene innebærer å sikre at modeller og leveranser har oppnådd riktig MMI til den datoen som er satt i henhold til fremdriftsplanen.

For å kontrollere fremdriften i prosjektene er fremdrift sammenlignet opp mot fremdriftsplan. Både prosjekt B og D har egne verktøy som kontrollerer fremdriften i prosjektet. Prosjekt A og C kontrollerer fremdriften i prosjekteringsmøter.

Prosjekt	Kontrollering av fremdrift	Verktøy	Funksjon verktøy
Prosjekt A	Prosjekteringsmøter	Power BI	Rapporterer
Prosjekt B	Verktøy	Solibri	Kontrollerer
Prosjekt C	Prosjekteringsmøter	-	-
Prosjekt D	Verktøy	Genius	Kontrollerer

Tabell 7: Kontrollering og støtteverktøy

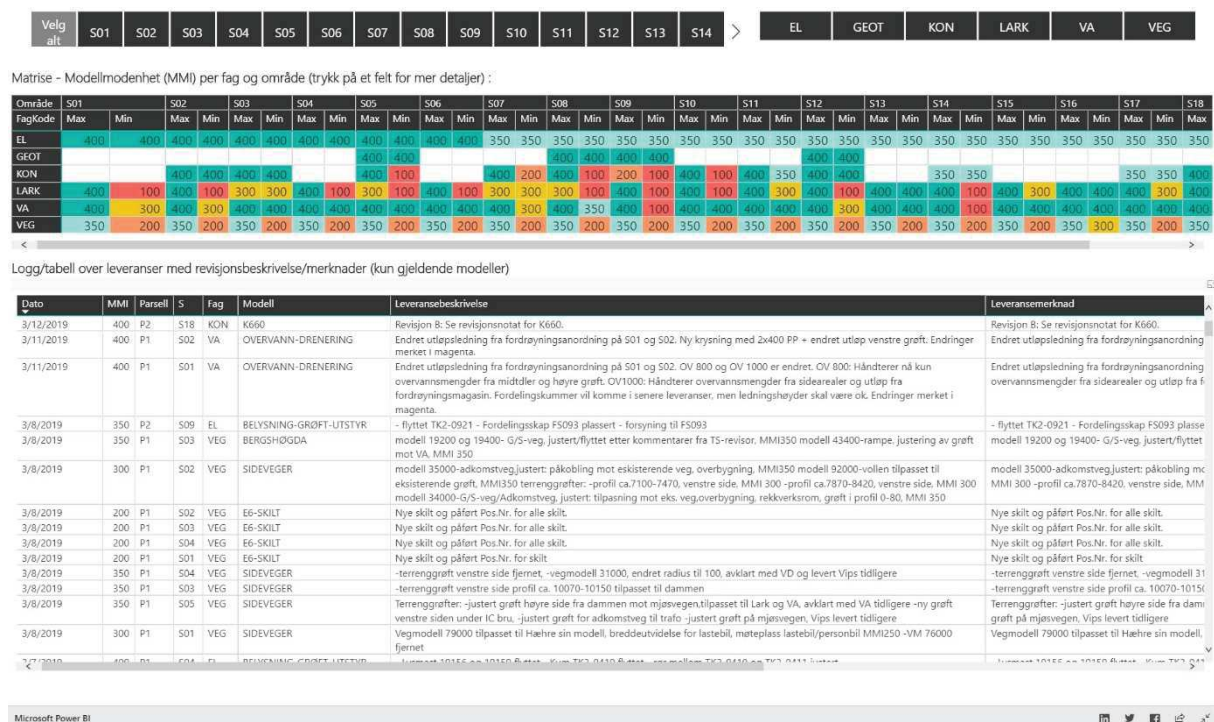
Kontrollering av fremdrift i prosjekt C blir gjennomført ved slutten av hvert prosjekteringsmøte. I forhold til Last Planner prinsipper blir fremdriftsplanen i prosjekt C gjennomgått i fellesskap. I involverende planlegging eller samtidig prosjektering er tanken at man må ha de involverte med i planleggingen og møtene, så man kan heller ikke sette status på planen uten at de prosjekterende er med.

Tanken med involvering er at du ikke kan sette status på plan uten aktørene er med. En justerer planen i fellesskap basert på hvordan det faktisk går, og kikker framover for å se om en også må gjøre justeringer lengre frem.

- Informant D

Kontrollering av fremdriften skjer ved å stemme av i fellesskap på lappeplanen for hva som er gjort. For å markere hva som er gjort blir fullførte leveranser kryssset ut. Hvis fremdriften ligger etter fremdriftsplan blir planen planlagt på nytt for eventuelle leveranser og aktiviteter som gjenstår å fullføre. Det blir ikke laget noen rapport på fremdriften i prosjektet, men det målets for prosentplan-utført og rot-årsaker.

I prosjekt A sender de fagansvarlige ukentlige rapporter på prosjektets status. I rapportene står det hva som er gjort og hva som ikke er gjort, i tillegg blir det estimert prosent fullført på oppgaver og aktiviteter som er påbegynt men ikke avsluttet. I tillegg til rapportene fra de fagansvarlige i prosjektet blir leveranser og modeller rapportert ved bruk av et leveransesystem knyttet opp mot Power BI, vist i figur 43.

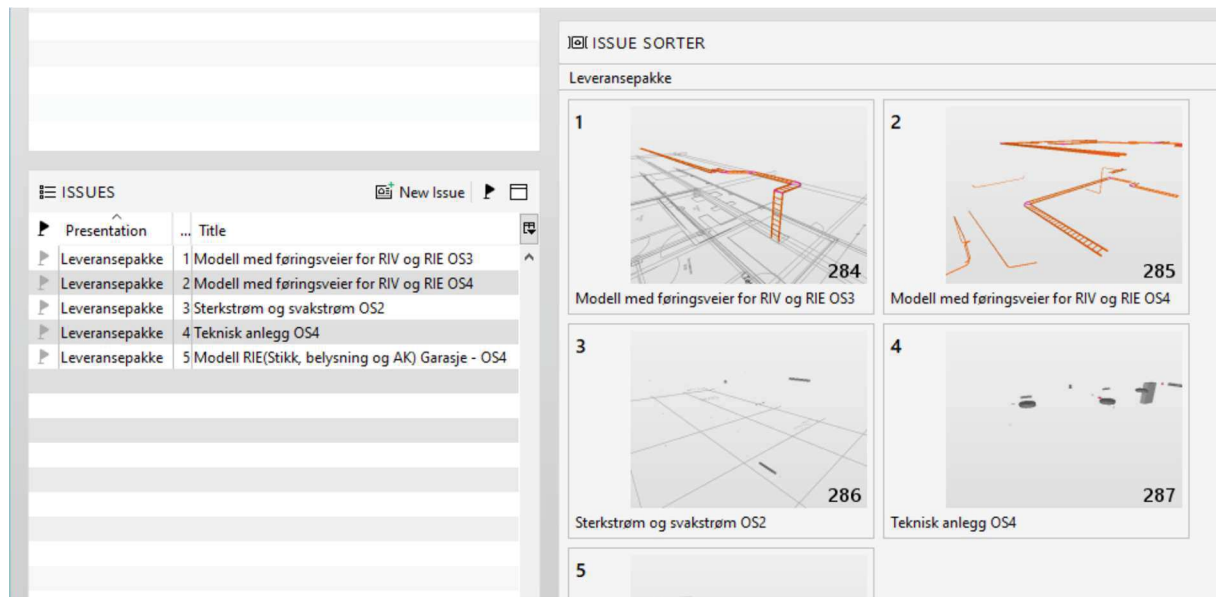


Figur 43: Modent på modeller gjennom Power BI

Når et fag leverer sine modeller, blir dette gjennomført ved å levere modellene via en nettside. Nettsiden loggfører alle leveransene som er gjort i prosjektet. Power BI henter ut denne og rapporterer status på alle gjeldende modeller og MMI nivåer på leveransene i prosjektet. Løsningen gjør det mulig å sortere etter kontrollområder eller fag, og lese informasjonen knyttet til de forskjellige leveransene.

Prosjekt A sammenligner fremdriften med fremdriftsplanen i prosjekteringsmøtene. Den faktiske fremdriften blir deretter satt i MS Project. Fremdriften beskrives ut fra prosent fullført. Fordi fremdriften blir sendt tilbake igjen til fremdriftsplanen blir fremdriften rapportert i henhold til prosjekt-nedbrytningsstrukturen i prosjektet.

Kontrollering av fremdrift i prosjekt B ble gjort ved å sette opp modellkontroll i Solibri og kontrollere om modellen fulgte fremdriften. For å kunne rapportere og måle fremdrift i Solibri ble det opprettet et regelsett. Regelsettet ble etablert for arbeidspakker med objektstatus som samsvarte med arbeidspakkene i fremdriftsplanen. Regelsettet kontrollerte at objektene i BIM-modellen hadde riktig status iht. frist. Ved å gjennomføre modellkontroll ble den gjeldende modellen kontrollert i henhold til de reglene som ble satt opp i prosjektet. Resultatet av modellkontrollen kunne hentes ut i en kontrollrapport, som vist i figur 44.



Figur 44: Kontroll av fremdrift i prosjekt B

Kontrollen identifiserte de arbeidspakkene som ikke var godkjent, dvs. ikke levert i henhold til objektstatus og/eller dato. Selv om kontrollen kun tok utgangspunkt i å sjekke fremdrift i henhold til godkjent/ikke godkjent ville det også være mulig å legge til rette for en ekstra ledd på eksempelvis 5 til 10 dager før overskridelse som varsler om modellen ligger innenfor dette tidsrommet.

I prosjekt D er det prosessverktøyet som kontrollerer fremdriften i prosjektet, men prosjektledelsen er ansvarlig for å følge opp fremdriften i prosjektet. Leveransene er knyttet til satte frister som sjekker om modeller er levert til riktig tid. Leveransene sier også noe om avhengighetene, hva leveransen inneholder, hvem som har satt leveransen og hvilket fag som har ansvaret for den. Når en modell er levert må de prosjekterende inn å krysse av den leveransen for den aktuelle leveransen for å markere at den er levert. Prosessverktøyet kontrollerer om leveransen er levert i henhold til frist.

Prosessverktøyet i figur 45 fargekoder milepælene og leveransene i prosjektet, dette betyr at man får en indikator som forteller noe om hvordan prosjektet ligger i henhold til fremdrift. Indikatorene på milepælene er avhengige av statusen på leveransene. Hvit fargekode indikerer at en eller flere leveranser er åpen. Grønn fargekode på aktiviteter indikerer at alle leveransene er fullført. Rød indikator på aktiviteter indikerer at en leveranse har oversteget tidsfristen. På denne måten får prosjektledelsen kontrollert om det som skal leveres er levert i henhold til de datoene som satt i prosjekteringsplanen. Ved å knytte målinger til prosessplattformen er det mulig å følge med på hva som forfaller og hvilke leveranser som har passert frist.

Milepæler Nøkkelpunkter Leveranser Aksjoner						
Aksjonstabell Visuell aksjonsmatrise						
ID	Tittel	Status	Frist	Lukket		
P3-N15-L85-A120	Dimensjonerende nedbørsintensitet		05.04.2019			
P3-N61-L369-A119	Utfylt regnskapsrapport til Enova for perioden frem til og med 1. halvår 2019		22.06.2019			
P3-N61-L369-A118	Utfylt fremdriftsrapport til Enova for perioden frem til og med 1. halvår 2019		22.06.2019			
P3-N61-L375-A117	Ferdig signert revisorattest til Enova sluttrapport		01.11.2024			
P3-N61-L375-A116	Ferdig beskrivelse og dokumentasjon av Prosjektets spredningseffekt til E...	Åpen	01.11.2024			
P3-N61-L375-A115	Ferdig oppdatert energinotat og -beregning til Enova sluttrapport	Åpen	01.11.2024			
P3-N61-L375-A114	Ferdig rapport for dokumentasjon av tetthetskontroll til Enova sluttrapport	Åpen	01.11.2024			
P3-N61-L375-A113	Faktiske merkostnader ferdig dokumentert til Enova sluttrapport	Åpen	01.11.2024			
P3-N61-L375-A112	Ferdig beskrivelse og dokumentasjon på valgte tekniske løsninger til Enov...	Åpen	01.11.2024			
P3-N61-L375-A111	Utfylt/oppdatert prosjektbeskrivelse i Enova sitt rapporteringssenter for sl...	Åpen	01.11.2024			
P3-N96-L373-A109	Plassering av strømskap	Åpen	01.04.2019			

Figur 45: Kontroll av fremdrift i prosjekt D

4.4 Hvilken erfaring har prosjektene med planlegging og prosjektstyring?

4.4.1 MMI

MMI har stort sett ført til bedre kommunikasjon av modenheten i modellene. Prosjektene erfarer at MMI tydeliggjør modellens utvikling og status i prosjektene.

Det er lettere å få en forståelse av hvor modent modellen er, hvor ferdig produktet er. Når du deler det opp i litt ulike nivå enn bare påbegynt og ferdig. Nå har vi flere nivåer som gjør det mer nyansert hva som egentlig er ferdig, det synliggjør utviklingen på en bedre måte.

- Informant H

Bruk av MMI har i prosjektene stort sett ført til en bedre forståelse hva modellen skal inneholde av geometri og informasjon. MMI har ført til en større bevissthet på hvor moden en modell eller et objekt er. Det er lett å jobbe med et for dårlig grunnlag dersom man ikke har noe som forteller deg hvor ferdig den modellen man prosjekterer og bygger etter er. Siden man etappevis utvikler modellen er det vanskelig å vite hvilke deler i modellen som er ferdig, og hvilke deler som fortsatt er under prosjektering.

Å bygge etter modeller der man ikke har en status som konkret forteller noe om modenheten i modellen vil medføre en risiko for å bygge etter feil underlag.

Det er ikke slik at hele modellen er byggeklar før du begynner, prosjekteringen vil alltid være etappevis. Derfor må du ha en parameter i modellen, det er nødvendig å ha en type MMI for å kunne produsere etter modell på en trygg måte uten å skape for stor risiko

- Informant D

MMI tydeliggjør statusen til modeller og objekter. Bruk av MMI i prosjektering og produksjon har gjort prosjektgjennomføringen bedre fordi MMI fjerner denne risikoen. Bruk av MMI i prosjektene har ført til betydelig bedre forståelse for hva man kan forvente av informasjon og geometri i modellene. Både prosjekt A, B og C forteller at samarbeidet og prosjekteringen har blitt bedre av å bruke MMI i prosjekteringen.

For planlegging har MMI ført til at fasene i prosjektet har blitt tydeligere. Identifisering og avdekking av avhengigheter er blitt enklere. I prosjekt A har bruk av MMI vært til god hjelp til å synliggjøre de ulike fasene i prosjektet. Ved å bryte prosjektet ned i biter og planlegge fremdriften av MMI på leveranser har tydeliggjort avhengighetene mellom de prosjekterende fagene.

Opplever at det er lettere for de prosjekterende å kommunisere i sammen om hva som skal gjøres og hvilken rekkefølge. Hvis modellen blir mer aktivt brukt direkte til produksjon så blir det ekstremt viktig å ha et MMI-stempel på at dette er produksjonsklart, at det faktisk er nøkkel på objektene som sier noe om at ja nå er det klar til å produsere eller om det er ... at du på en måte gir det grønt lys for at nå kan du bygge etter dette her.

- Informant D

Bruk av MMI er viktig for å tydeliggjøre modenhet i modeller. Informantene mente at prosjektgjennomføring med MMI er mye enklere enn det prosjektgjennomføring med LOD noen gang hadde vært. Med LOD så ble det fort veldig mye diskusjon rundt geometri og informasjon. Prosjektering handler i samtidig prosjektering og produksjon likeså mye om prosjekteringsprosessen som geometrien og informasjonen i modellen, og det å knytte prosjekteringen opp mot produksjon. At geometri og informasjon er knyttet opp mot fasene i prosjektet sikrer at de løsningene som prosjekteres til enhver tid er gyldige med tanke på endelig løsning. I tillegg til at MMI er bedre med tanke på prosjekteringen og planleggingen har det vært enklere å forstå hva MMI er enn hva LOD står for. Det har lenge vært en uklarhet om hva LOD innebærer og definerer. Ved å ta i bruk MMI får man først og fremst et omdefinert begrep som mye bedre forklarer hva begrepet forsøker å definere, men også et system som mye enklere kan integreres i planleggingen.

4.4.1.1 Tilpasning av definisjoner

MMI er definert med utgangspunkt i geometri, informasjon og prosess. I utgangspunktet består prosessen av en-faglig kontroll på MMI-300 og tverrfaglig kontroll på MMI-350. Både Prosjekt A og C har denne tilnærmingen. Men det kommer også frem at prosjekt A og D ser at det kan være nødvendig med flere definisjoner for MMI. Prosjekt A mener at det kan være nødvendig å kunne definere MMI for spesifikke kontroller eller godkjenning fra myndigheter. Prosjekt D gjennomfører kostnadskalkyler i prosjektet, og ser at det kunne vært hensiktsmessig med en definisjon som tydeliggjør hvilke modeller det er gjennomført kostnadsverslag på. I tillegg til å kunne definere nye verdier vil det også kunne være hensiktsmessig å kunne tilpasse eksisterende verdier i prosjektet. Ved prosjektering av brukonstruksjoner i prosjekt A, får en-faglig kontrollere konstruksjoner direkte MMI 350. Det er ikke nødvendig å gjøre en tverrfaglig kontroll for brukonstruksjonen opp mot andre fag, men andre fag er nødt til å kjøre tverrfaglig kontroll opp mot brukonstruksjonen, dette er fordi konstruksjonen vil råde over de andre løsningene. MMI 350 er for konstruksjon ikke definert etter tverrfaglig kontroll, men etter en teknisk godkjenning.

4.4.2 Tverrfaglig kontroll

Tverrfaglig kontroll avgjør om løsningene kan gå videre som produksjonsunderlag. Ved tverrfaglig kontroll skal prinsippene være låst, og geometrien skal ikke lengre kunne flyttes eller endres. Dette er for å sikre at det som skal bygges kan bygges. Både Prosjekt B, C og D velger å bruke Solibri til å kjøre sammenstillinger av modellene og for kollisjonskontroll. Solibri er derimot ikke veldig kompatibel med kart-filer og veimodeller, og prosjekt A velger derfor å bruke Naviswork.

Tverrfaglig kontroll innebærer å se om modellene i prosjektet kolliderer på tvers av fag. Utgangspunktet for tverrfaglig kontroll er å kontrollere modeller som allerede er en-faglig kontrollert. For at modeller og objekter skal nå MMI 300 må de først og fremst ha riktig informasjon og geometri, men de må også være en-faglig kontrollert. At MMI på denne måten er knyttet opp mot prosessene i prosjektene strukturerer modellkontrollen mye mer enn dersom man ikke hadde hatt statuskoder å forholde seg til.

Før så kjørte man på en måte modellkontroll og fant flere tusen ting som man måtte rette opp i, men når man tok det opp med fagene så ble det nesten alltid en tilbakemelding på at det ikke er klart eller det er ikke ferdig prosjektert.

- Informant G

Fagmodellene kan ha objekter og modeller med forskjellige MMI-nivåer som fortsatt er på skisse- og konseptstadiet. Tverrfaglig kontroll medfører dermed at det kan oppstå veldig mange unødvendige kollisjoner. MMI i kollisjonskontrollen tydeliggjør hvilke modeller og objekter som er klar for tverrfaglig kontroll. Ved å bruke MMI i prosjektene filtrerte man veldig lett ut objekter og modeller som

ikke er relevant for den tverrfaglige kontrollen. I prosjekt B så man at det var veldig få kollisjoner mellom modeller på MMI 300.

Tanken var å filtrere ut alle objekter som hadde verdi 300, som er klar for kontroll, og kun kontrollere de. Da ser jeg at fagmodellene ikke er fulgt opp tilstrekkelig til å gjøre det, og det vil være en stor verdi for meg som BIM-koordinator å lettere kunne ha kontroll hva som er verdt å kontrollere og ikke.

- Informant B

Ved å sette MMI på objekter og modeller er det enklere å gjøre tverrfaglig kontroll fordi man slipper å bruke tid på modeller som ikke er tilstrekkelig fulgt opp.

4.4.3 Samhandling

At entreprenør er med i planleggingen og med på å sette MMI i prosjekteringsplanen, har gjort at entreprenøren har en bedre forståelse for MMI på like linje med de prosjekterende. I tillegg til at entreprenøren er med i prosjekteringsmøtene gjør at entreprenøren i større grad får en tilknytning til verdiene og i større grad stoler på at produksjonsunderlaget som er markert med MMI 400 faktisk kan bygges etter. For å få til en realistisk prosjekteringsplan argumenteres det for at det er viktig å inkludere både entreprenør og prosjekterende i planleggingen. Dette sikrer en felles forståelse for utfordringer og hindringer som kan påvirke fremdriften i prosjekteringen. Å sikre at entreprenøren er med fra start i planlegging vil legge et bedre grunnlag for at det som prosjekteres vil være mulig å bygge.

En stor utfordring med den parallelle utviklingen er å ivareta det tverrfaglige samarbeidet. Prosjektgruppen i prosjekt D opplevde at det var veldig lett for de prosjekterende å gå tilbake til tradisjonelle prosjekteringsmetoder, hvor hvert fag går i en silo og prosjekterer sin løsning. I prosjekt C var det en utfordring at de prosjekterende ikke jobbet regelmessig opp mot milepælene, men tok beslutninger og satte prinsipper like før modellene skulle nå de tilsvarende milepælene. Årsaken til dette kan være at det er vanskelig å forholde seg til de avhengighetene som de prosjekterende må forholde seg til. Basert på dette kan man si at milepælene tvinger de prosjekterende å sette prinsipper for sine løsninger.

Både prosjekt A, B og C er pilotprosjekter når de kommer til bruk av MMI. De forteller at det var utfordrende å benytte seg av et nytt system. Siden MMI var nytt var det en utfordring å få de prosjekterende å tidlig forstå hensikten og teorien bak MMI. I prosjekt C fortelles det at man gjerne kunne hatt et oppstartmøte som gikk mer i dybden på MMI før man begynte å prosjektere. Prosjektgruppen i prosjekt A og C ble derimot mer sikker på MMI og definisjonene ut i prosjektene. I både prosjekt B og C ble MMI implementert som en bestilling fra Statsbygg. I prosjekt B ble MMI implementert nokså sent i

prosjektet. For prosjekt B medførte dette at kun elektro brukte MMI til å planlegge sine aktiviteter. Fordi MMI ble implementert såpass sent, fikk man heller ikke god nok tid til å sette opp en god plan, og ble heller ikke fulgt opp like mye som man skulle ha ønsket. Selv om bruk av MMI var nytt i prosjekt B hadde de i motsetning til prosjekt C få problemer med implementasjonen og bruken av statuskoder. De prosjekterende i prosjekt B var i motsetning til prosjekt C fra samme bedrift, hvor de prosjekterende hadde kjente prosedyrer og rutiner. I tillegg til å jobbe etter de samme utgangspunktene satt prosjektgruppen også samlokalisert, noe som reduserte kommunikasjonsavstandene. For å få en bedre forståelse for og bruk av MMI hadde de prosjekterende i prosjekt C ønsket et oppstartsmøte som gikk mer i dyden på hvordan MMI skal brukes.

4.4.4 Planlegging

Prosjekt A og C er enige om at planleggingsprosessen har blitt bedre ved bruk av milepæler og MMI. MMI tydeliggjør funksjonskravene, og det å sette MMI som milepæler i planlegging gjør det enklere å planlegge rekkefølge og ta hensyn for avhengigheter.

Jeg opplevde at det var lettere å bryte opp i mindre leveranser på tvers av fagene når man brukte MMI begrepet og involvering.

- Informant D

MMI i tillegg til Last Planner har strukturert og standardisert planleggingen for prosjektering. Prosjekt A opplever at planleggingen har blitt bedre fordi prosjektdeltakerne forstår hva som skal prosjekteres og til hvilken tid. Likevel er det noen utfordringer som oppstår i planleggingen og prosjekteringen. En stor utfordring ved å planlegge prosjektering og produksjon oppstår når man er nødt til å flytte på leveranser og aktiviteter. Å flytte på en leveranse i prosjekteringsplanen vil medføre konsekvenser videre både for prosjekteringen og produksjon. Flere årsaker kan medføre at det er nødvendig å planlegge og prosjektere på nytt, men ofte vil årsaken være at det er vanskelig å gjennomføre den løsningen som er foreslått i praksis.

Typiske endringer som blir meldt ifra er at de entreprenør må gjøre ting på en annen måte, og så står de ute med gravemaskinen allerede. Ting må gå fort og de etterspør kanskje en fleksibilitet da som kan være vanskelig å oppnå.

- Informant I

I prosjekt C var det vanskelig å planlegge og organisere på nytt nettopp fordi det er så mange lapper man måtte holde styr på, som er knyttet til andre lapper og leveranser som også har sine avhengigheter.

En annen utfordring i prosjektene er knyttet til den samtidige prosjekteringen og produksjonen. De prosjekterende opplevde ofte at man ikke hadde en realistisk prosjekteringsplan, at tiden til prosjektering ble for kort.

Det kunne vært en mer realistisk prosjekteringsplan i forhold til produksjon, det ville vært en fordel. Jeg har opplevd at entreprenøren vil at vi skal være ferdig prosjektert så fort som mulig, men samtidig har de ikke tatt beslutningene på leveranser tidlig nok. Hadde vi prosjektert ferdig i forhold til opprinnelig plan så måtte vi ha gjort den om mange ganger om du skjønner. De var veldig optimistisk fremdrift i prosjektet ... men i virkeligheten har fremdrift for prosjektering tatt lengre tid.

- Informant F

Planlegging av prosjektering og designaktiviteter tar i prosjektene enten utgangspunkt i oppstart hos byggeplass, eller som en bestilling fra entreprenøren. Korte frister kan dermed medføre et stort tidspress på de prosjekterende. Det er nødvendigvis ikke at det kun er for kort tid mellom oppstart hos prosjektering og oppstart på byggeplass som skaper utfordringer, men det kan også være at beslutninger for avhengigheter eller prinsipper ikke blir bestemt tidnok for at det skal være mulig å prosjektere ferdig løsningene i tide.

En annen årsak for tidspress kan være nettopp det at det forekommer endringer i prosjektet som medfører at det er nødvendig å planlegge og organisere planen på nytt. Det å flytte leveranser og milepæler i prosjekter vil ikke bare ha en innvirkning på gjensidig avhengige prosjekterende fag, men også for produksjon som kanskje må utsette oppstart av produksjon og bygging. Den manglende fleksibiliteten til å håndtere iterasjoner og utsettelse er en stor utfordring for prosjektene. Den parallelle prosjekteringen medfører at iterasjoner er uunngåelige, gjensidige avhengigheter må avdekkes og prinsipper må besluttes, prosjekteringsplanen er nødt til å ha en fleksibilitet som kan ta hensyn til disse utfordringene.

4.4.5 Fremdriftsplan

Prosjekt B opplevde det at fremdriftsplanleggingen ble mye mer detaljert ved bruk av MMI og milepæler enn det det ville vært uten.

Du må detaljere en framdriftsplan mye mer enn hva du normalt ville gjort. Det er mye mer omfattende arbeid å sitte å definere så detaljerte framdrifter, så man taper litt tid på å bruke masse tid på å lage en kjempedetaljert fremdriftsplan som man skal følge opp.

- Informant G

Også prosjekt A erfarte at prosjekteringsplanen ble svært detaljert.

Vi har en prosjektnedbrytningsstruktur som er veldig stor og som veldig krevende, og vi rapportere i forhold til den prosjektnedbrytningsstrukturen med MMI nivå i forhold til den, og innenfor det igjen så er det mange objekter som har ulike MMI nivå som vi rapporterer på.

- Informant H

Utfordringene med å ha en såpass stor prosjektnedbrytningsstruktur er at det blir svært krevende å følge og kontrollere fremdrift å såpass mange oppgaver og aktiviteter uten bruk av verktøy eller hjelpemidler til å støtte kontrollen av fremdrift.

4.4.6 Kontroll av fremdrift

Å rapportere modenhet i modellene har ført til en bedre forståelse for hvor de forskjellige fagene ligger i henhold til prosjekteringsprosessen. Det var kun prosjekt B og D som kontrollerte fremdrift i prosjektet i henhold til prosjekteringsplanen ved bruk av verktøy. Både prosjekt A og C kontrollerte fremdrift, men dette er gjort i fellesskap ved å sammenligne fremdrift med planlagt fremdrift. Prosjektgruppen i prosjekt A syntes det var tidkrevende å rapportere fremdrift i prosjektet. Prosjekt A rapporterte leveransene på to måter; digitalt og gjennom de fagansvarlige. For å rapportere fremdrift på leveranser som er under prosjektering, estimerer de fagansvarlige anslått fullføringsgrad. For å rapportere fremdriften er det tatt utgangspunkt i at de prosjekterende selv gjør dette fordi det er vanskelig å hente ut denne informasjonen i leveransesystemet. Det som hindrer prosjektgruppen å rapportere fremdriften ut fra leveransesystemet er fordi det er vanskelig å estimere fremdrift for modellene uten å vite direkte hva som er gjort. Modeller lastes regelmessig opp i systemet, dette betyr at modeller som er under prosjektering også er levert. Disse kan være påvirket av mindre iterasjoner og berikelser, og frem til de fagansvarlige setter en ny status er det vanskelig å vite hvor modellen ligger i forhold til fremdriften. Prosjekt B opplevde det som svært ressurskrevende å kontrollere fremdrift.

Det krever mye tid å sitte å følge opp og kontrollere at alt stemmer. Det krever en del mer ekstra arbeid, men selvfølgelig du får mye mere kontroll på ting, det vet du du gjør, men det koster å ha full kontroll.

- Informant G

Kontrollen fungerte derimot bra for å kontrollere om leveransepakken var godkjent i henhold til statuskoder og fremdrift. Siden fremdriftsrapporteringen kun ble gjort på ett fag, og det ble så avansert å rapportere fremdrift som det ble, hadde det mest sannsynlig blitt veldig omfattende å gjennomføre den samme kontrollen på større bygg med mange datoer og mange fag. Skulle det vært gjort på et større bygg, hadde det vært nødvendig med en smidigere løsning. Det har vært et merarbeid å legge inn statuskoder og verdier, men man har derimot spart mye tid på modellkontroller. Sånn sett har det blitt

mer arbeid for de prosjekterende å berike modellene med verdier, men det har gått raskere for prosjektet å gjennomføre modellsjekk og modellkontroll.

Alle prosjektene har metoder og teknikker på plass for å kontrollere fremdriften i prosjektet for å sikre at leveransene samsvarer med prosjekteringsplanen. Utfordringene er derimot at det er svært tidkrevende å kontrollere fremdrift i prosjekteringsmøter, og ressurskrevende å sette opp kontroll av fremdrift ved bruk av modellsjekk. Prosjekt D har valgt en tilnærming som ser ut til å kontrollere fremdrift på en god og håndterbar måte. En ulempe med prosjekt D er derimot at den ikke lett kommuniserer fremdriften på et underordnet nivå i prosjektet. Man må gå inn i under milepælene for å sjekke hva som faktisk er gjort.

Prosjekt D presiserer at for å få til et godt samspill så er man nødt til å ha noe som forteller deg om hva som foregår i prosjektet. For å sikre at prosjektet ligger i henhold til framdrift, er man nødt til å ha kontroll på det som er gjort tidligere. Prosjekt D har valgt å løse dette med et prosessverktøy som med fargekoder sier noe om hvor prosjektet ligger i henhold til fremdrift.

Det er igjen dette prosessverktøyet hvor det meste blir synlig, det lyser ganske rødt derom folk ikke har fulgt opp aksjonene sine.

- Informant L

Prosessverktøyet gir en indikasjon på hvordan prosjektet ligger i forhold til fremdrift.

Du må få kontroll på hva som lyser rødt bak deg, for prosjektet vil hele tiden storme fremover, og dette blir enda verre når du kommer ut i produksjon og bygging.

- Informant L

Prosjekter er nødt til å ha kontroll på det som faktisk er gjort for å sikre at produksjonen får produksjonsunderlaget når oppstart av produksjon faktisk begynner. Det å ta igjen underlag og modeller som er nødvendig i produksjon vil være vanskelig å ta igjen når produksjon og bygging er i gang. Både i prosjekt C og erfaringer fra andre prosjekter ser man at det skulle ha vært større oppfølging av fagmodellene.

Vi skulle hatt litt tettere oppfølging av fagmodellene underveis, det har vært et prosjekt der fremdriften har hoppet litt fram og tilbake.

- Informant B

Det å ha bedre kontroll på fremdriften i prosjektet vil være viktig for å sikre at fremdriften er gjennomført i henhold til prosjekteringsplan. Det å kunne følge fremdrift på en enkel måte ville vært en fordel for å rapportere fremdrift i prosjektet.

5 Diskusjon

5.1 Forskningsspørsmål 1: Hvilken funksjon har MMI i prosjektgjennomføringen?

5.1.1 BIM modeller for informasjonsdeling og kunnskapshåndtering

Prosjektering og design i bygge- og anleggsprosjekter har lenge vært avhengige av visuelle representasjoner som skisser, tegninger og planer for å koordinere arbeid og samhandling (Paavola et al., 2018). Undersøkelsene viser at prosjektene i tillegg til å koordinere arbeid og samhandling aktivt benytter BIM-modellen for å støtte informasjonsdeling, informasjonsutveksling og beslutningstaking. Bruk av visuelle representasjoner brukes for å skape større forståelse for prosjektet (Knotten et al., 2014; Parry et al., 2006). Det kommer frem at modellene bidrar til å skape en felles forståelse for prosjektdeltakerne, både gjennom modeller som informasjonsobjekter, men også gjennom behandling av objektene (Alahuhta, 2015). I forbindelse med samhandling i tilknytning til IKT-støttet samarbeid vil modeller som benyttes på denne måten i litteraturen beskrives som designartefakter. Bruk av artefakter vil være viktig for å muliggjøre effektiv og enkel samhandling. Interessenter og aktører vil i en modellbasert tilnærming til prosjektering og samarbeid, samhandle gjennom en mengde artefakter (Paavola et al., 2018). Modeller som designartefakter vil i likhet med visuelle representasjoner som skisser og tegninger ha en aktiv rolle i prosjekteringen. I prosjekteringen har samhandlingen og samarbeidet rundt modeller vært avgjørende for å komme frem til felles løsninger og prinsipper. Parallell tverrfaglig prosjektering medfører høy kompleksitet for å sikre optimale løsninger og prinsipper på tvers av disipliner. Siden høy kompleksitet er krevende å forholde seg til vil det være behov for visuelle representasjoner for å støtte opp om samarbeidet og samhandlingen.

Tradisjonelt har prosjektgjennomføring blitt gjennomført i sekvensielle prosesser. Flere prosjekter gjennomfører nå prosjekteringen i samtidige parallelle faser. Med tverrfaglig samarbeid medfører samtidig prosjektering et større behov for tverrfaglig kommunikasjon og samhandling (NTNU, 2018). I prosjektene har tilnærmingen med samtidig prosjektering ført til flere iterasjoner, da disiplinene hele tiden er nødt til å tilpasse løsninger og prinsipper mot de andre prosjekterende. Iterasjoner kan knyttes til prosjekterings gjensidige avhengigheter mellom disiplinene, der iterasjoner karakteriseres som endringer på modeller som følge av avhengigheter mellom tverrfaglige modeller. Utfordringene med koordinering og samhandling vil i prosjektene dermed knyttes til modellenes iterative natur.

Informantene forteller at utfordringen i prosjekteringen er knyttet til hvordan man jobber i modell, at man til enhver tid er nødt til å kalibrere egne løsninger i forhold til hvordan de tverrfaglige løsningene påvirker helheten. Prosjekteringsens iterative art med modeller som intermediaære objekter gjør det utfordrende å forstå påvirkningen av tverrfaglige løsninger på prosjekteringen. Informantene forteller at arbeid knyttet til modeller ofte oppfattes som endringer, og det vil for de prosjekterende derfor være viktig å forstå modenheten på modeller og objekter for å kunne prosjektere egne løsninger. Usikkerhet i forhold til modellmodenhet medfører også utfordringer knyttet til å koordinere arbeid, da koordinering av videre arbeid er avhengig av å vite statusen på utført arbeid illustrert i figur 5. For å kunne modellere egne løsninger vil det være nødvendig å kjenne til hva som er gjort. I forbindelse med CSCW kan man si at det handler om å vite hva som foregår (Gutwin et al., 2002). For å kunne samarbeide rundt videre detaljering av løsningsforslag er det derfor nødvendig å ha en god situasjonsforståelse for modenheten i modeller og objekter.

5.1.2 Detaljprosjektering

Prosjektene velger å gjennomføre detaljprosjekteringen med utgangspunkt i samtidig prosjektering. Dette innebærer at prosjektene gjennomføres med regelmessige arbeidssesjoner der målet er å sikre at de prosjekterende jobber etter felles forutsetninger. Informantene forteller at tettere arbeidssesjoner reduserer potensialet for konsekvenser ved behov for omarbeid. For å sikre at prosjektet gjennomføres i henhold til prosjekteringsplan vil prosjekt A, B og C kontrollere fremdrift i arbeidssesjonene. Informantene forteller at målet med prosjekteringsmøtene er å avklare avhengigheter, kartlegge tverrfaglige konflikter, kontrollere modellen for kollisjoner og ta beslutninger knyttet til løsninger og prinsipper.

Prosjektgjennomføring med samtidig prosjektering kan knyttes til begrepet *kopling* som forteller noe om graden folk jobber sammen. Kopling beskriver mengden arbeid en person kan gjennomføre før man har behov for diskusjon, informasjon eller konsultasjon med en annen person (Gutwin et al., 2002). Større grad av kopling kan være et resultat av at man når et steg hvor man er avhengig av involvering fra andre personer eller for å kunne planlegge eller diskutere kommende aktiviteter. Detaljprosjektering vil være en kombinasjon av både høy og lav grad av kopling. Disiplinene prosjekterer sine løsninger nokså selvstendig og arbeidet er derfor preget av lav kopling, likevel kan det være behov for kommunikasjon knyttet til ytterligere avklaringer og avhengigheter. For å sikre at man prosjekterer etter de samme forutsetningene er disiplinene nødt til å komme sammen og avtale og diskutere løsninger, og vil dermed gå fra lav til høy grad av kopling. Både i prosjektering og prosjekteringsmøter er man nødt til å holde styr på andre personer sine aktiviteter i prosjektet så lenge man jobber med utgangspunkt i koplet arbeid.

5.1.2.1 Prosjekteringsmøter

Samtidig prosjektering og samhandling gjennom arbeidssesjoner sikrer involvering av aktuelle prosjektdeltakere. I arbeidssesjonene blir løsningsforslag og prinsipper diskutert i fellesskap for å sikre en felles forståelse mellom de involverte. BIM-modellen blir i arbeidssesjonene delt på en felles skjerm i møterommet som vist i figur 46, slik at man i fellesskap har mulighet til å utforske løsninger og prinsipper gjennom BIM-modellen. Bruk av BIM-modellen som en delt felles ressurs vil bidra til å forsterke situasjonsforståelsen for løsninger på tvers av disipliner.



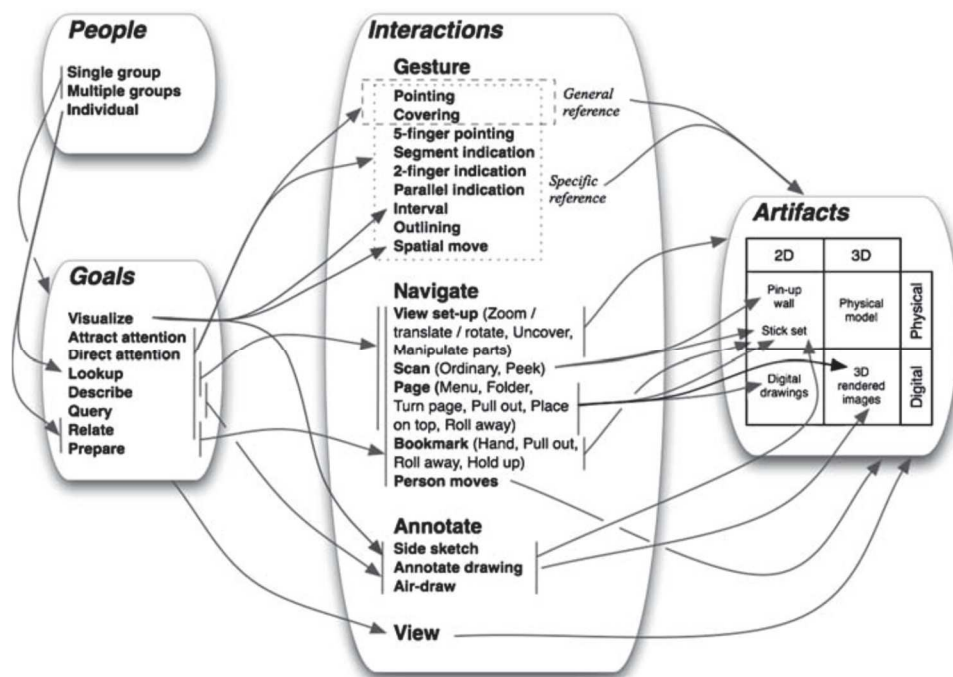
Figur 46: Samhandlingsrom i prosjekt D

Designartefakter som modeller konkretiserer og tydeliggjør ideer og tanker knyttet til løsninger og prinsipper. Modeller som designartefakter støtter opp om samhandling og samarbeid i prosjekteringsmøter, da artefaktene fungerer som håndgripelige referansepunkter for interaksjonen rundt løsninger og prinsipper. Samarbeid med artefakter gjør samhandling og prosjektering lettere fordi artefakter tillater den endringen og manipulasjonen av objekter som oppstår rundt diskusjoner, samhandling og samarbeid (Gutwin et al., 2002). Bruk av artefakter skaper en bedre forståelse for situasjonen og arbeidet gjennom gester, navigering, annotering, refleksjoner og dialog (Paavola et al., 2018). På en måte kan man si at artefakter hjelper til å gjøre taus kunnskap eksplisitt fordi man kan formidle informasjonen gjennom å henvise eller referere til artefaktene.

Informantene forteller at BIM-modellen ble aktivt benyttet i prosjekteringsmøtene. BIM-modellen ble benyttet som utgangspunkt for å diskutere løsninger og prinsipper i prosjektene, samt diskutere potensielle problemer og tiltak for å håndtere kollisjoner og hindringer. Informantene forteller at de prosjekterende har blitt flinkere til å samhandle med introduksjonen av verktøy som gjør det mulig å notere, tegne og håndtere BIM-modellen i fellesskap blant annet gjennom interaktive tavler. Prosjekt D bruker interaktive tavler med utgangspunkt i VDC-teknikker og ser at de prosjekterende blir mer aktive i diskusjonen. Informantene i prosjekt D presiserer at bruken av interaktive tavler og felles modell i

prosjekteringsmøtene handler om å senke terskelen for å dele informasjon, at de prosjekterende i større grad kan skissere sine løsninger for å tydeliggjøre hva man tenker.

Artefakter benyttes for å gjøre kommunikasjon enklere og mer effektiv (Gutwin et al., 2002). Informant A forteller at fordelene ved å diskutere med utgangspunkt i modeller er det at man får en felles kommunikasjonsplattform hvor alle ser det samme og har det samme grunnlaget til å oppfatte det som diskuteres. Når diskusjoner involverer artefakter vil diskusjoner være enklere nettopp fordi artefakter kombinerer verbal og visuell kommunikasjon. Figur 47 illustrerer de ulike formene for interaksjon det kan være behov for i prosjekteringsmøter ved kommunikasjon og diskusjon av løsningsforslag.



Figur 47: Interaksjon med artefakter (Tory et al., 2008)

Basert på bruk av BIM i prosjekteringsmøtene er det mulig å trekke den konklusjonen at BIM-modeller som visuelle representasjoner sikrer god tverrfaglig forståelse i prosjektene. BIM-modeller skaper en bedre forståelse for løsninger siden man i BIM-modeller kan visualisere forskjellige perspektiver av modeller og objekter. Selv om modeller tilrettelegger for effektiv kommunikasjon av løsninger i prosjektet, er det ikke å komme bort fra at modeller i forbindelse med prosjektgjennomføringen i prosjektene er intermediære objekter.

5.1.2.2 Modellpålidelighet

Parallell tverrfaglig prosjektering medfører gjensidige avhengigheter mellom de prosjekterende. Samhandling og planlegging gjennom arbeidssesjoner med utgangspunkt i ICE- og VDC-prinsipper har som mål å redusere kompleksiteten og anstrengelsene som parallellitet og overlappende aktiviteter medfører (Kunz et al., 2009; Owen et al., 2013). Samhandling rundt modeller forsøker i tilknytning til dette å avdekke og identifisere konflikter og avhengigheter mellom disipliner og modeller. En forutsetning for å samhandle med modeller som designartefakter og intermediære objekter er behovet for å etablere felles forståelse for modellinformasjonenes pålidelighet. Uten en forståelse for modellinformasjonens påvirkning på hovedføringer og helhet i prosjektet vil det være vanskelig å stole på at informasjonen i modeller er pålitelig. Å ta beslutninger basert på upålitelig modellinformasjon kan medføre store konsekvenser for prosjektgjennomføringen (Koskela et al., 2002).

Pålidelighet knyttet til modellinformasjon kan knyttes til en forståelse for modellens iterative og tverrfaglige natur. For å vite i hvilken grad man kan stole på modellinformasjonen er man nødt til å ha en situasjonsforståelse for modellens betydning som løsningsforslag og kalibrering i forhold til tverrfaglige disipliner. Situasjonsforståelse handler om å vite *hva som foregår* (Gutwin et al., 2002). I tilknytning til selve forståelsen for modellinformasjonen og pålideligheten vil kunnskapen om og forståelsen for modellinformasjon handle om å knytte modellinformasjon til tilhørende aktiviteter og oppgaver. Dette handler om å skape en forståelse for arbeidssituasjonen og en helhetlig oversikt for prosjektgjennomføringen. For å sikre at prosjektet gjennomføres etter riktige forutsetninger vil det være viktig å sikre at alle involverte er sikker på i hvilken grad de kan stole på informasjonen i modeller. Med utgangspunkt i dette vil det være viktig at det i modeller og prosjektet er mulig å etablere en situasjonsforståelse, som gir grunnlaget for disipliner å ha en felles forståelse for prosjektet.

Informantene forteller at utfordringen med modeller er at modeller ser veldig ferdig ut selv om de fortsatt er på skissestadiet, og at det dermed er lett å jobbe med utgangspunkt i for dårlig grunnlag. Siden det konkluderes med at samhandling med modeller som designartefakter er viktig for å etablere effektiv og enkel kommunikasjon, vil det være viktig med modellstatus for å sikre en situasjonsforståelse for modellinformasjonen og i hvilken grad informasjonen er til å stole på.

5.1.3 Modellmodenhetsindeks

Modellstatus settes på objekter og modellelementer i prosjektene for å beskrive modellinformasjonen ut fra prosess, geometrisk informasjon og skjematisk informasjon. Utgangspunktet for å sette MMI på modeller og objekter handler om å tydeliggjøre modellenes og objektene betydning som informasjonsobjekter. Dette handler om å formidle hvilken informasjon som ligger i modellene og objektene, og i hvilken grad denne informasjonen er kontrollert opp mot tverrfaglige disipliner. MMI presiserer betydningen for modeller og objekter i designprosessen. Informantene forteller at målet med å sette modellmodenhet på objekter og modeller først og fremst er å tydeliggjøre hva som er klart å bygge etter, men forteller også at MMI i stor grad bidrar til å koordinere prosjekteringsarbeid.

5.1.3.1 Samhandling med MMI

For koordinering av og samhandling med modeller vil MMI benyttes for å skape en forståelse til hvordan situasjonen er og hvor ferdig noe er. MMI vil derfor bidra til å skape en situasjonsforståelse for prosjekteringsarbeidet. For å optimalisere prosjektgjennomføringen er det viktig å tilrettelegge for forståelse for aktiviteter og for hverandre på tvers av disipliner (Hollermann et al., 2012). Dette kan knyttes til CSCW som omhandler samarbeid og koordinering av samarbeid (Carstensen et al., 1999). Effektiv samhandling er preget av samarbeid, kommunikasjon og koordinering (Strand et al., 2012)

Med en parallell tverrfaglig utvikling av fagmodeller i detaljprosjektering forteller informantene at ytterligere revisjoner av modell har lett for å bli oppfattet som endringer. De presiserer at det er viktig å etablere kommunikasjon rundt hva som har skjedd siden sist revisjon av modell. MMI vil her bidra til å skape en forståelse for hvilken endring som faktisk er gjort i modellen. Informant D forteller at de prosjekterende bruker MMI for å tydeliggjøre modenhet i modellen, men også som språk for å diskutere modeller og for avklaring av modellinformasjon. MMI vil i disse situasjonene skape en forståelse for modenheten i artefakter, der målet er å dekke behov som oppstår i forbindelse med samhandling mellom tverrfaglige aktører og modeller. For å kunne planlegge gjensidig avhengige prosjektaktiviteter er de prosjekterende nødt til å kunne definere det de trenger for å komme videre og sette aktivitetene opp i planen i hensyn til dette. MMI vil her være et grunnlag for å kunne diskutere avhengigheter og fremdrift i henhold til disse avhengighetene. MMI vil bidra til å bryte modeller ned i stegvise prosesser som de forskjellige disiplinene kan ta utgangspunkt i for å sette en gradvis utvikling av egne modeller.

Undersøkelsene viser at bruk av MMI er en effektiv tilnærming for å sikre en forståelse for modellenes intermediære natur i prosjekteringsprosessen i tilknytning til koordinering, samhandling og kommunikasjon. Slik som bruk av tredimensjonale modeller har forandret hvordan prosjektgrupper oppfatter design (Bassanino et al., 2014), har MMI ført til en bedre oppfattelse for hvordan man skal kommunisere egne perspektiver og synspunkt på løsninger, prinsipper og tilnærminger til prosjekteringen og modeller med andre prosjektdeltakere.

5.1.3.2 Detaljprosjektering med MMI

Det er tydelig at det i en modellbasert tilnærming til prosjektering er viktig å skape en forståelse mellom disipliner og for løsningsforslag i prosjekteringen i tilknytning til samarbeid, kommunikasjon og koordinering. Informantene legger også stor vekt på MMI for å fortelle noe om kvaliteten og fremdriften i prosjektet, og den risikoen og usikkerheten som er knyttet til modellelementer i prosjekteringsprosessen.

	EBA	Prosjekt A	Prosjekt B	Prosjekt C
<i>Spesifikasjon</i>	MMI	MMI	OS	MMI
<i>MMI100</i>	Skisse.	Konsept/Skisse.	---	Skisse.
<i>MMI200</i>	Ferdig konsept.	Løsning akseptert.	Ikke klart for kontroll.	Ferdig konsept.
<i>MMI300</i>	Klar for tverrfaglig kontroll.	Løsning detaljprosjektet.	Forslag til plassering.	Klar for tverrfaglig kontroll.
<i>MMI350</i>	Utført tverrfaglig kontroll. Modeller fryses	Tverrfaglig kontrollert. Modeller fryses	Fryst plassering.	Utført tverrfaglig kontroll. Modeller fryses
<i>MMI400</i>	Produksjons-underlag.	Klar til produksjon.	Ferdig kontrollert og låst plassering.	Produksjons-underlag.
<i>MMI500</i>	Som bygget.	Som bygget.	Ferdig utført.	Som bygget.

Tabell 8: Sammenligning av MMI prosesser

Informantene forteller at det er nødvendig å bryte en modell ned i mer enn *påbegynt* og *ferdig*. MMI-verdiene gjør det enklere for de prosjekterende å sette aktiviteter i rekkefølge for å sikre en parallell tverrfaglig prosjektering. De forteller at for å kunne prosjektere så er man nødt til å vite kvaliteten på modeller og objekter. Dette vil være et behov for å vite i hvilken grad man kan stole på informasjonen. MMI forsøker å definere kvaliteten på objekter gjennom prosess knyttet til skjematisk informasjon og geometrisk informasjon. Påliteligheten forteller noe om i hvilken grad mengden av informasjonen i modeller og objekter er koordinert opp mot andre disipliner. Samhandlingen er preget av at noen fag er nødt til å sette presedens for videre prosjektering. Fordi prosjekteringen er preget av iterasjoner vil det være behov for at hovedføringer blir låst, slik at gjensidig avhengige elementer i større grad kan prosjekteres. Tabell 8 sammenligner de forskjellige tilnærmingene til modellstatus. Både ved MMI 100, 200 og 300 innebærer prosjekteringen at man gradvis posisjonerer og plasseres seg med utgangspunkt i tverrfaglige avhengigheter. MMI 350 innebærer derimot at modeller og objekter blir fryst, dvs. at posisjon og plassering for modeller låses. Det å fryse modeller og objekter på MMI 350 vil bidra til å sikre at løsninger og prinsipper i prosjektet i større grad kan fortelle noe om den endelige løsningen i prosjektet, i motsetning til lavere modellstatuser som likevel kan ha samme informasjonsmengde. I forbindelse med figur 7 og delt felles modeller, vil det være viktig å støtte opp om samarbeidet gjennom

artefakter da kommunikasjon i prosjektering kan være begrenset. Frysing av modeller og bruk av MMI nivå 350 vil være viktig for å redusere risiko og usikkerhet i prosjekteringen. Siden kommunikasjonen i prosjektering kan være begrenset er det viktig at involverte aktivt oppdaterer og følger modenhet på egne modeller og objekter. Dette vil også sikre at det er mulig å følge fremdrift i prosjektet. Informant E forteller at prosjektering med MMI fører til mindre kollisjoner fordi de prosjekterende kan se hvilke objekter og modeller som er låst, eller om de bare er foreløpig plassert. Det å fryse modeller gjør det enklere for de prosjekterende å ta hensyn til hverandre og gjensidige avhengigheter, fordi man i større grad kan tilpasse seg objekter og modeller i prosjektet fordi man vet hvilke beslutninger som er tatt, og hvilke som ennå gjenstår.

Prosjektenes tilnærming til informasjonshåndtering og detaljprosjektering kan sammenlignes med figur 7 for bruk av felles modell. Det argumenteres for at felles modell fører til et mer stabilt samarbeidsmiljø, men at det vil være viktig å støtte opp om kommunikasjon og situasjonsforståelse (Altenburger et al., 2012; Hollermann et al., 2012; Van Berlo et al., 2012). Samhandling med bruk av felles modell gjør at disipliner er nødt til å forstå og formalisere andre disipliner sine løsninger og design inn i eget disiplinære og tekniske domene (Carrara et al., 2012; Gutwin et al., 2002). Det argumenteres for at prosjekter med en modellbasert tilnærming er avhengig av en felles kommunikasjonsstruktur for å sikre kommunikasjon mellom involverte. Prosjekter vil også være nødt til å etablere en forståelse for underliggende prosesser på tvers av disipliner for at beslutninger og avhengigheter skal være forståelig for alle involverte (Hollermann et al., 2012). Kommunikasjon er nødvendig for å sikre ytterligere forståelse for hverandres forpliktelser og behov. For å kommunisere på tvers av store prosjektgrupper og organisasjonsstrukturer så vil det være kritisk med kanaler som sikrer at personer får riktig informasjon til riktig tid. MMI verdier, og frys i MMI 350 vil bidra til å støtte opp om en forståelse for situasjonen og samhandlingen da MMI i designprosessen vil være et utgangspunkt for kommunikasjon.

Prosjekter vil ofte skille mellom produkt og prosess. I designfasen vil man dermed skille mellom BIM-modell og detaljprosjektering. Hollermann forteller at det er metodene man velger å anvende i prosjekter som vil knytte produktet til prosessen (Hollermann et al., 2012). Tradisjonelt kan det tenkes at planlegging av prosjekteringsaktiviteter er en indirekte tilknytning til produktet, da man hovedsakelig planlegger aktiviteter for de involverte i prosjektet. For detaljprosjekteringen i kombinasjon med MMI vil det derimot være enklere å anse planleggingen som en direkte tilknytning til produktet da man gjennom å planlegge for MMI, også planlegger for utviklingen av prosjekteringen knyttet til informasjon og kvalitet i modeller, og dermed også modellenes prosess. Med utgangspunkt i MMI for å planlegge, diskutere løsninger og følge opp og kontrollere fremdrift, i kombinasjon med at MMI knytter produkt og prosess sammen, er MMI egnet som grunnlaget for kommunikasjon og kommunikasjonsstrukturen i prosjektet.

5.1.3.3 Implementasjon av MMI

Samtidig prosjektering handler om å sikre et samspill mellom mennesker, prosess og teknologi (Bhuiyan et al., 2006). Metoden forsøker å forbedre designarbeid gjennom å integrere og koordinere prosjektdisipliner og aktiviteter. Målet med samtidig prosjektering er å redusere anstrengelser og redusere risiko knyttet til å koordinere disipliner og designaktiviteter, gjennom å fasilitere samhandlingen i arbeidssesjoner (Bhuiyan et al., 2006; Kam et al., 2013). For at samtidig prosjektering skal lykkes er det en forutsetning at samspillet mellom mennesker, prosesser og teknologi optimaliseres. Dersom elementene i samspillet ikke kan integreres med hverandre er det fare for at samspillet går på bekostning av prosjektgjennomføringen.

Selv med teknologiske verktøy, planer, møter og prosesser på plass for å støtte prosjektgjennomføringen forteller informantene i prosjekt D at det er utfordrende å ivareta den tverrfaglige samhandlingen. Informant K forteller at det var utfordrende å sikre effektiv samhandling mellom de prosjekterende. Informantene i prosjekt C opplevde derimot at det var vanskelig å sikre at de prosjekterende satte prinsipper og løsninger i tide i forhold prosjekteringsplanen. Fellesnevneren for disse prosjektene, samt prosjekt A og B er at prosjektene er pilotprosjekter når det kommer til anvendelse av MMI. At prosjektene er pilotprosjekter når det kommer til anvendelse av MMI betyr at disse prosjektene først har implementert MMI som en del av styringsverktøyet og planleggingsverktøyet i disse prosjektene.

Med implementasjon av nye elementer og teknikker er det fare for at man støter på utfordringer som implementasjon kan forekomme ved manglende tiltak for sikker implementasjon. Utfordringer knyttet til å sikre god tverrfaglig samhandling kan være et resultat av dette. For LOD trekkes det frem at manglende anvendelse kan være mangel på forståelse for utnyttelse i praksis, usikkerhet i forhold til anvendbarhet og utfordringer med å integrere LOD i en BIM-basert arbeidsflyt (Hooper, 2015). Prosjekt C trekker frem at de prosjekterende ønsket en dypere forståelse for MMI før man begynte på med prosjekteringen. Det kan tenkes at manglende forståelse for å anvende MMI i prosjektering medfører hindringer knyttet til prosjektgjennomføringen. I forbindelse med anvendelse av LOD kan dette sammenlignes med mangel på forståelse og utnyttelse i praksis og usikkerhet i forhold til anvendbarhet. Informantene i prosjekt B og D forteller derimot at samlokalisering og felles rutiner medførte en enklere anvendelse av MMI i prosjektene. Med utgangspunkt i dette tenkes at for å sikre implementasjon av MMI for tverrfaglig samhandling, at forståelse og anvendbarhet for MMI i praksis må presiseres og sikre at MMI integreres i den BIM-basert arbeidsflyten. I tillegg vil kortere kommunikasjonsavstander gjøre det lettere å samhandle med hverandre.

5.2 Forskningsspørsmål 2: Hvordan planlegger prosjekter fremdrift med utgangspunkt i MMI?

Informantene forteller at de i prosjektene planlegger aktiviteter med utgangspunkt i Last Planner prinsipper. Målet med Last Planner planleggingen innebærer å fjerne hindringer og avdekke avhengigheter for kommende aktiviteter (Hamzeh et al., 2009). Dette handler om å sikre at gjensidig avhengige aktiviteter kan gjennomføres samtidig. Informant C forteller at en forutsetning for prosjektgjennomføringen er at man har punkter i prosjektet som man kan følge med tanke på å følge fremdrift opp mot prosjektmål. For å kunne kontrollere og holde styr på prosjekteringen tar prosjektene utgangspunkt i en overordnet milepælsplan som har oversikt over hvilke aktiviteter som kommer, hvilke som gjøres og hvilke som er fullført. For å kunne gjennomføre aktivitetene i milepælsplanen vil prosjektene gjennom detaljplanlegging bryte prosjekteringsplanen ned i mindre og mer detaljerte aktiviteter.

Kontrollering av prosjektplanen handler om å kontrollere at prosjektaktiviteter gjennomføres i henhold til prosjektmål. Muligheten til å følge og kontrollere fremdrift er sterkt knyttet til hvordan planleggingen av prosjektaktiviteter er gjennomført (Abou-Ibrahim et al., 2018). Måling og kontrollering av fremdrift av prosjekteringsplanen handler om å kunne fortelle noe om tilstanden på fremdrift og status på prosjektaktiviteter. For å kunne vurdere i hvilken grad det er aktuelt å kontrollere og måle fremdrift vil det være nødvendig å se på kompleksitet knyttet til å kontrollere fremdrift på prosjektaktiviteter. Dette innebærer å kontrollere fremdrift for prosjekteringsplanen, men også for planlegging i detalj.

5.2.1 Milepælsplan

For å kunne møte prosjektmål i tilknytning til fremdrift er prosjektene nødt til å definere hva som skal gjøres, til hvilken status og til hvilken kvalitet (Project Management, 2013). For at aktiviteter skal kunne gjennomføres parallelt velger prosjektene å planlegge fremdrift med utgangspunkt i milepæler. Informantene forteller at målet med å sette milepæler basert på stegvise MMI-verdier er å gjøre de mulig for de involverte å ta stilling til hindringer og avhengigheter som oppstår når man skal prosjektere parallelt. Milepælsplanleggingen handler om å bryte prosjektet ned i biter og sette milepæler knyttet til utviklingen av modenhet i modeller og områder. Målet med milepælsplaner er å sikre en forutsigbar fremdrift gjennom å kunne kontrollere aktiviteter i prosjektet opp mot milepæler (Project Management, 2013).

Informant C forteller at målet med milepælsplanleggingen er å holde kontroll på informasjonsmengden på aktiviteter, og sette en plan på hvordan prosjektene kan følge disse aktivitetene frem til mål. Ved å

kombinere MMI-verdier og milepæler vil man ikke bare sette fremdrift for aktivitetene, men også kvalitetskriterier på modellinformasjonen til forskjellige punkter i milepælsplanen. Informantene forteller at målet med MMI i planleggingen er å skape en forståelse for hvor ferdig noe er til enhver tid, og det å knytte milepæler til både kvalitet og fremdrift vil dermed gjøre det lettere å kunne holde følge med hva som skal gjøres, til hvilken tid, og om det som gjøres er i henhold til prosjektmål.

Det å planlegge med MMI på leveransepakker vil i større grad skape en forutsigbar og gjennomførbar prosjektering. Milepælsplanen definerer hvilke leveranser og underlag som er nødt til å leveres på hvilke tidspunkt. Informant D forteller at man ønsker å være veldig konkrete på leveransene i prosjektet opp mot planleggingen.

5.2.2 Planlegging

Informantene forteller at utfordringen i planleggingsprosessen er å planlegge aktivitetene og tilrettelegge for at aktivitetene kan gjennomføres parallelt. Informantene forteller at det som hindrer prosjektet å planlegge en parallell flerfaglig utvikling av modellen er avhengigheter mellom de prosjekterende. For å gjøre planleggingen enklere har prosjektene et mål om å bryte prosjektene ned i mindre biter for å redusere kompleksiteten og behovet for tverrfaglig koordinering mellom de prosjekterende. Å bryte prosjektet ned i biter gjør at de prosjekterende får en bedre oversikt over elementene og omfanget i prosjektet (Project Management, 2013). Et annet tiltak som prosjektene har valgt å benytte er en tilnærming til Last Planner System. Siden LPS er en metodikk med egne prinsipper og retningslinjer vil forutsetning for LPS være den samme i alle prosjekter. Likevel har prosjektene valgt å tilpasse bruken til sine egne formål. Siden LPS er en metodikk med egne teknikker og tilnærminger med mål om å systematisere og effektivisere planleggingen kan det tenkes at tilpasningen av metodikken går på bekostning av prosjektgjennomføringen. For å sikre håndterbare og gjennomførbare aktiviteter med LPS vil det være viktig å planlegge i detalj ettersom oppgaver nærmer seg, utvikle en arbeidsplan i samarbeid med de som skal gjennomføre aktivitetene og lære fra feil (Hamzeh et al., 2009). I tillegg til å bryte arbeidspakker på endra mindre nivåer vil planlegging i detalj innebære å identifisere og fjerne hindringer.

5.2.2.1 Involvering

Prosjektene med unntak av prosjekt B planlegger og kontrollerer prosjektplanen i samarbeid med de fagansvarlige. Informantene forteller at involvering i planleggingen har ført til bedre og mer realistisk prosjektplan. Det trekkes frem at årsaken til dette er at man gjennom involvering og samhandling kan identifisere og avdekke avhengigheter og hindringer på tvers av disipliner i tilknytning til strukturering og organisering av prosjektaktiviteter (von Heyl et al., 2017). Ved å planlegge med utgangspunkt i LPS

forteller informantene at det har blitt enklere å planlegge prosjektaktiviteter da man i større grad har muligheten til å koordinere mennesker og prosesser samtidig. Ved å planlegge med utgangspunkt i MMI-verdier er oppfatningen at det har blitt enklere å definere leveranser på tvers av disipliner. Dette kan knyttes til forståelse for informasjonskvaliteten i modeller, som har gjort det enklere å kommunisere behov og definere rekkefølger. Last Planner metodikken presiserer viktigheten av å utarbeide arbeidsplanen med de som skal utføre arbeidet, og med utgangspunkt i prosjektene vil involvering av disiplinene være et viktig tiltak for å sikre et realistiske og gjennomførbare prosjektplaner. Selv om prosjektene har varierende bruk av MMI er det tydelig at MMI skaper en bedre forutsetning for å planlegge gjensidig avhengige prosjektaktiviteter.

5.2.2.2 Prosjekteringsplanlegging

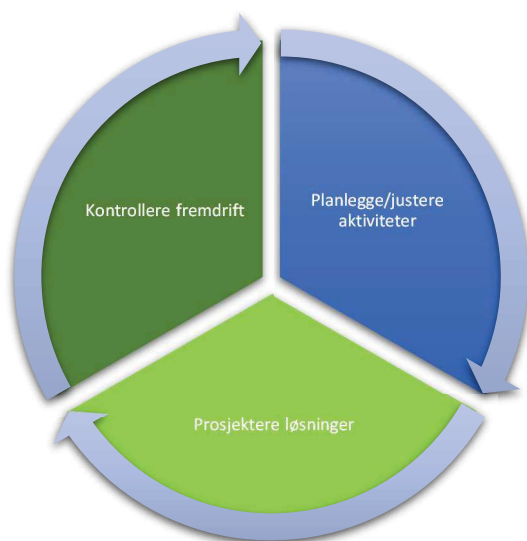
Både prosjekt B, C og D tar utgangspunkt i LPS for å planlegge prosjekteringsplan og prosjektaktiviteter. Planleggingen av prosjektaktiviteter i tilknytning til LPS planlegges med utgangspunkt i fag og kontrollområder gjennom bakover-planlegging og lappeplanlegging. Målet med prosjekteringsplanen er å definere de overordnede aktivitetene i prosjektene i henhold til milepælsplanene. For å kunne planlegge prosjektaktiviteter i tilknytning til milepælsplanen er det avgjørende at prosjektene planlegger prosjektaktiviteter med utgangspunkt i MMI.

Det presiseres at målet med å planlegge gjennom LPS er å synliggjøre avhengigheter og hindringer mellom prosjektaktiviteter og de prosjekterende (Fosse et al., 2016). Ved å planlegge gjennom sakshåndteringsverktøyet Jira i prosjekt A og prosessverktøyet Genius i prosjekt D tenkes det at planleggingen kan gå på bekostning av innsyn og transparens i aktivitetene, fordi disse verktøyene ikke er egent for synkron kommunikasjon. Disse verktøyene egner seg bedre for prosjektansvarlige å følge opp prosjekteringen, men vil ha liten hensikt dersom verktøyene fører til større utfordringer knyttet til prosjekteringen av gjensidig avhengige prosjektaktiviteter som resultat av manglende planlegging. Det presiseres at det er vanskelig å avdekke avhengigheter og hindringer uten involvering og forståelse for det tverrfaglige samarbeidet (Altenburger et al., 2012; Hamzeh et al., 2009). Målet i den samtidige prosjekteringen er å legge til rette for parallell flerfaglig prosjektering. For å kunne gjøre dette er prosjektene avhengig av involvering for å kunne avdekke avhengigheter og hindringer. Dette krever at de prosjekterende er nødt til å ha en forståelse for hverandres arbeidsoppgaver og aktiviteter (Altenburger et al., 2012). Hverken prosjekt A eller D har en tilnærming som gjør det mulig for de involverte å skape en god forståelse for tverrfaglige aktiviteter. Selv om målet er å effektivisere kontrollering og kommunikasjon av fremdrift er det tydelig at for å planlegge aktiviteter vil det være viktig med samlokalisering og involvering.

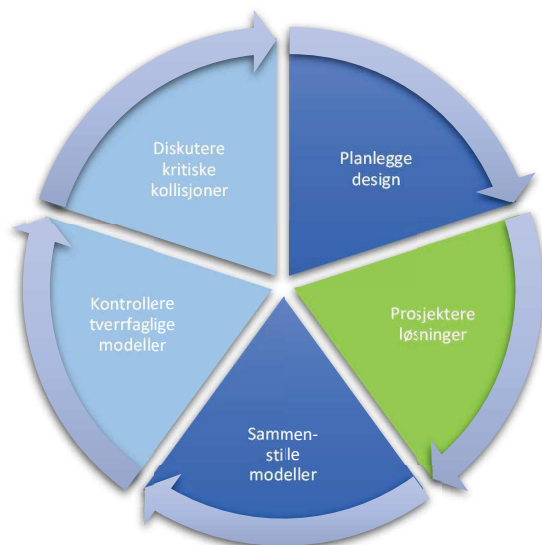
5.2.2.3 Planlegging i detalj

Planlegging i detalj handler om å planlegge for kommende aktiviteter i større grad enn det man gjør i prosjekteringsplanen. Dette innebærer å identifisere og fjerne hindringer for de aktivitetene som skal gjennomføres i nærmeste fremtid. For å planlegge i detalj vil prosjektene ta utgangspunkt i prosjekteringsplanen for å videre planlegge oppgaver i prosjektet. Siden prosjektene planlegger med utgangspunkt i LPS vil planlegging i detalj også ta utgangspunkt i involvering av prosjektdeltakere for å planlegge aktiviteter og oppgaver. Detaljplanlegging vil i tillegg til å videre planlegge prosjektaktiviteter kontrollere at tidligere aktiviteter er gjennomført. Informantene forteller at for å kunne opprettholde en parallell tverrfaglig utvikling av modeller, er fagene nødt til å vite hva som er gjort tidligere, hva som skal gjøres og hvilke prinsipper som er bestemt.

Planlegging av fremdrift i prosjekter handler om å justere og kalibrere arbeid i forhold til avhengigheter, men også for uforutsette hindringer som kan oppstå. Planlegging er avhengig av at planlagte aktiviteter er ferdig før man kan planlegge videre, dersom dette ikke gjort vil det være nødvendig å re-planlegge fremdriften i prosjektet, illustrert i figur 48. Ved milepæler der det gjennomføres tverrfaglige kontroller vil planleggingen være avhengig av at kollisjoner mellom disiplinene håndteres før man kan prosjektere videre, illustrert i figur 49.



Figur 48: Planlegging av fremdrift



Figur 49: Planlegging av kollisjoner

For kontrollering av fremdrift har MMI gjort det enklere å filtrere ut alle objekter som ikke har MMI 300. Informantene forteller at bruk av MMI har gjort det mye lettere å ha kontroll på det som er verdt å kontrollere og ikke. For planlegging av fremdrift med MMI forteller informantene at det er lettere å kommunisere sammen om hva som skal gjøres og i hvilken rekkefølge.

Informant D forteller at kontrollering av prosjekteringsplanen er en måte å følge fremdriften på, mens prosjektgjennomføring med LPS i større grad handler om å kontinuerlig sjekke opp at de prosjekterende er der de skal være, og involvere de som faktisk prosjekterer. Man kan si at prosjektplanlegging og oppfølging av prosjektplan er knyttet til prosjektstyring, mens detaljplanleggingen og kontrollering av oppgaver er knyttet til produktkontroll.

5.2.3 Prosjektplan

Målet med en milepælsplan er å reflektere prosjekteringsplanen i ut fra milepæler. For å kunne knytte prosjekteringsplanen opp mot milepælene i milepælsplanen er prosjektaktivitetene nødt til å basere seg på de tilsvarende milepælene (Abou-Ibrahim et al., 2018; Mejlænder-Larsen, 2018; Project Management, 2013). Tilnærmingen til utforming av prosjekteringsplaner vil i prosjektene være svært forskjellig, og kan skilles fra hverandre med utgangspunkt i utforming av prosjektaktiviteter og prosjektnedbrytning.

5.2.3.1 Aktiviteter og milepæler

En forutsetning for å styre fremdrift for prosjektet er at man kan sammenligne aktiviteter i prosjekteringsplaner opp mot milepælene i milepælsplanen. Både prosjekt A og B har prosjekteringsplaner som samsvarer med milepælsplanen i figur 15. Prosjekt A og B velger å definere prosjekteringsplanen med utgangspunkt i milepælene, forskjellen er at prosjektene definerer milepælene som aktiviteter. Siden verken Prosjekt C eller D definerer prosjekteringsplanen med utgangspunkt i tilsvarende tilnærming, hvor aktiviteter defineres ut fra MMI vil det være vanskelig å kontrollere fremdrift for prosjekteringen. Siden prosjekt D knytter leveranser og aksjoner til milepæler gjennom prosessverktøyet vil prosjekt D riktignok ha en forutsetning for å følge fremdrift mot milepælene i prosjektet. Med utgangspunkt i muligheten for å kunne knytte prosjektaktiviteter opp mot milepælsplanen er prosjekter nødt til å definere prosjektaktiviteter med utgangspunkt i MMI, i likhet med prosjekt A og B.

5.2.3.2 Prosjektnedbrytning

Informantene i prosjektene forteller at de skulle hatt tettere oppfølging av prosjektaktiviteter da det er lett å havne bakpå i forbindelse med fremdrift. I prosjekt D vil kostand og kvalitet først og fremst være hovedfokuset, men det vil være viktig å følge fremdrift for å sikre at ting blir gjort.

Håndtering av prosjektdata-, informasjon- og rapportflyt er illustrert i figur 5. Figuren illustrer hvordan prosjektstyring i et prosjekt kan foregå. Kontrollering og rapportering av fremdrift handler om å

koordinere aktiviteter og justere plan for å sikre at prosjektet realiseres innenfor prosjektets rammer (Project Management, 2013). For at de skal være mulig å kontrollere fremdrift legges det vekt på at det skal være mulig å kontrollere og måle prosjektaktiviteter. For å kunne kontrollere fremdrift er det nødvendig å bryte prosjekter ned i aktiviteter man kan følge fremdrift på.

Prosjektnedbrytning handler om å bryte prosjektet ned i mindre håndterbare biter. Prosjektene velger å gjøre dette på to måter, gjennom å bryte prosjektet ned i mindre områder, og bryte områder inn i leveransepakker. Det er projektnedbrytningen som avgjør i hvilken grad prosjekter har mulighet til å kontrollere fremdrift i prosjektet. En forutsetning er at aktiviteter som planlegges er nødt til å kunne knyttes opp mot milepælene i prosjektet (Mejlænder-Larsen, 2018). Det vil være nødvendig med planlegging som muliggjør styring (Abou-Ibrahim et al., 2018), dette vil innebære å bryte prosjektet ned for å kunne håndtere avhengigheter mellom disipliner og aktiviteter (Lavikka et al., 2012).

Prosjektene har forskjellige tilnærminger til å bryte prosjektet ned på prosjektaktiviteter. Felles for prosjektene er derimot at prosjektene brytes ned på kontrollområder og fag. Informantene forteller at målet med å dele prosjektet opp i kontrollområder handler om å redusere kompleksiteten og omfanget, slik at selv om man prosjekterer i et krevende miljø at man likevel har mulighet til å prosjektere egne modeller. Siden prosjektering for kontrollområdene er avhengig av flere disipliner som er nødt til å koordinere løsninger og prinsipper, er projektnedbrytningen nødt til å ta hensyn til fagmodeller. Dette kan sammenlignes med tilnærmingen til felles modell i figur 7, hvor disipliner prosjekterer egne modeller som sammenstilles for tverrfaglig samhandling og videre prosjektering. Planlegging for kontrollområder kan sette overordnede milepæler for felles fremdrift illustrert i figur 15, men for å kunne håndtere avhengigheter mellom disipliner og aktiviteter vil det være nødvendig å bryte prosjektet inn i leveranser. Et forslag til å bryte ned leveranser i modellbasert prosjektering er foreslått av Larsen i tabell 9 (Mejlænder-Larsen, 2018).

Disiplin		Kontrollobjektgrupper	Kontrollobjekter	Modelleringsobjekter
Struktur	Betong	Fundamentering	Fundamentering	Fundamentering
		Etasjer	Etasjeskiller	Gulv, bjelker
		Vegger	Søyler	Søyler, andre vertikale bæresystemer
			Utvendige vegger	Utvendige vegger, bæresystemer fasade
			Innvendige vegger	Innvendige vegger, heis, trapper
		Stål	Hovedstål	Takstoler
	Søyler			Søyler
	Bjelker			Bjelker
	Monteringsstål		Trapper	Trapper

Tabell 9: Prosjektnedbrytning (Mejlænder-Larsen, 2018)

Denne tilnærmingen handler om å bryte modeller ned i mindre kontrollobjekter man kan benytte for å planlegge og kontrollere fremdrift i prosjektet på. I forhold til å styre fremdrift kan det derimot vurderes i hvilken grad det er hensiktsmessig å følge fremdrift på. Informant D forteller at prosjektstyring handler om overordnet kontroll, mens produktkontroll handler om å kontrollere oppgavene i prosjektering.

Prosjekt A og B planlegger den overordnede fremdriften ned på disiplin-nivå, og setter fremdriften av modellmodenhet på disse. Siden prosjekt A og B planlegger i detalj gjennom sakshåndteringsverktøyene blir det vanskelig å knytte aktiviteter opp mot prosjekteringsplanen. Prosjekt C og D knytter derimot detaljplanleggingen opp mot den overordnede prosjekteringsplanen. Selv om prosjekt C knytter detaljplanleggingen til prosjektplanen er det likevel ikke alle aktiviteter som tar utgangspunkt i MMI. Det er tydelig at prosjektene har en varierende tilnærming til prosjektnedbrytning av prosjektleveranser og det kan derfor være en fordel å bryte prosjektleveranser i detaljplanleggingen ned i samsvar med tabell 9. Prosjektene har derimot en modellbasert tilnærming til prosjektering hvor hvert fag prosjekterer sine modeller og sammenstiller dette til en delt felles modell som illustrert i figur 7, som legger grunnlaget for samarbeid og koordinering mellom disiplinene. Dette gjøres dermed regelmessig for å sikre en parallell flerfaglig utvikling i prosjektet. Med utgangspunkt i delt felles modell vil man i prosjektet dele fagmodeller, og informantene forteller at MMI først og fremst settes på modellene.

Det er abreidet som legges ned i planleggingen av designfasen som avgjør hvilken tilnærming til å kontrollere fremdrift som er mulig (Abou-Ibrahim et al., 2018). For kontrollering av fremdrift i tre-steps-modellen planlegges aktivitetene uten tilknytning til modellmodenhetsspesifikasjoner. Det er i tre-steps-modellen derfor nødvendig å beregne fremdrift ut fra modellmodenhetverdiene. Prosjektene i denne studien velger derimot å planlegge prosjektaktiviteter med utgangspunkt i MMI. Informantene forteller at målet med MMI er å kunne sette modenhet til forskjellige punkter prosjekteringen. I forbindelse med prosjekterings iterative natur vil det å planlegge fremdriften med MMI hindre at prosjekterende ikke prosjekterer mer enn det som er nødvendig, og at man sikrer en parallell flerfaglig utvikling som gradevis definerer informasjonen gjennom samhandling og avklaring på tvers av disipliner. Dette hindrer prosjektene å bryte prosjektet ned på samme måte fordi prosjektene knytter MMI til prosjekteringsaktiviteter.

Siden informatene forteller at det å bryte prosjektet ned i kontrollområder som er små nok til at man får en forståelse for kompleksitet og omfang, vil det ikke være nødvendig å bryte den overordnede prosjekteringsplanen ned i mindre leveranser. Informatene forteller at det å bryte prosjektet ned på MMI for fagmodell i prosjekt A og B allerede er krevende og omfattende. Nærmere planlegging er derfor forbeholdt detaljplanleggingen.

5.3 Forskningsspørsmål 3: Hvordan bør prosjekter måle fremdrift med utgangspunkt i MMI?

Målet med MMI er i prosjektene å beskrive modenheten i modeller, da de involverte i prosjektet er nødt til å vite hvilke prinsipper som er låst, og hvilke prinsipper som er under prosjektering. Informantene forteller at planlegging med MMI tar utgangspunkt i behovet for å sette en forutsigbar fremdrift, da MMI benyttes for å skape en forståelse for progresjonen av modellelementer. Prosjektstyring handler om å sikre at prosjektene når prosjektmål innenfor de rammene som er satt i prosjektet (Project Management, 2013). For å måle fremdrift er aktiviteter nødt til å knyttes opp mot milepælene. Siden prosjektene planlegges med utgangspunkt i MMI, må fremdriften i prosjektene også kontrollens med utgangspunkt i MMI.

5.3.1 Kontrollering

Prosjektstyring handler om å imøtekomme prosjektmål (Abou-Ibrahim et al., 2018). Dette kan være mål som fremdrift, kvalitet og kostand knyttet til prosjektgjennomføringen (Project Management, 2013). For å kunne gjennomføre prosjektet slik at prosjektmålene oppfylles innenfor de rammene som er satt vil det være viktig å regelmessig og kontinuerlig følge prosjektaktivitetene slik at man har mulighet til å kontrollere om prosjektet faktisk gjennomføres i henhold til målene. God prosjektstyring innebærer å ha god kontroll på prosjektaktivitetene.

Prosjekter med mange involverte og mange aktiviteter vil være omfattende og komplekse. Omfattende og komplekse prosjekter kan være vanskelig å forhold seg til. Der det er mange prosesser og mennesker som skal koordineres vil det være en stor utfordring for prosjektene å sikre at prosjektet er gjennomført innenfor de rammene som er satt. Byggeprosjekter er særlig preget av overskridelser og omtrent 12,4% av alle bygge-kostnader kan knyttes til forsinket håndtering av mangler og defekter (Jin et al., 2014). Dette betyr at det vil være viktig å ha metoder og rutiner på plass for å koordinere og styre prosjektaktiviteter.

For å sikre at prosjektene blir gjennomført innenfor de rammene som er satt i prosjektet blir faktisk fremdrift kontrollert opp mot planlagt fremdrift. Med bruk av MMI vil dette innebære å sammenligne faktisk modellstatus opp mot planlagt modellstatus. Kontrollering av fremdrift blir i prosjektene riktignok gjennomført på forskjellige måter. Både prosjekt A og C velger å kontrollere fremdrift gjennom å krysse av på oppgaver i prosjekteringsplanen i fellesskap med de involverte. I prosjekt B blir fremdrift kontrollert ved å kjøre modellsjekk opp mot prosjekteringsplanen, modellsjekken avdekker modeller som ikke er i henhold til dato eller modellstatus. I prosjekt D blir fremdriften kontrollert

gjennom prosessverktøyet, hvor prosessverktøyet varsler om de aktivitetene som ikke er krysset av innen de aktuelle tidsfristene.

Informantene i prosjekt A, B og C forteller at det er tid- og ressurskrevende å kontrollere fremdriften i prosjektene. Prosjektene setter prosjektnedbrytningsstrukturen som en årsak for at det er krevende å kontrollere fremdrift i prosjektene. Selv om prosjekt B kontrollerer fremdriften gjennom BIM-programmer forteller informant G at det er krevende å kontrollere fremdrift fordi det tar tid å sette opp regler som kontrollen er nødt til å basere seg på. Ved å vurdere prosjektnedbrytningsstrukturen er det derimot sett at det for prosjekt A og B ikke vil være aktuelt å gjøre prosjekteringsplanen mindre detaljert, fordi man da ikke lengre har mulighet til å kontrollere fremdrift på nivå som er nyttig for å følge fremdrift i prosjektet. Siden det er nødvendig å kontrollere fremdrift, og at kontrolleringen ikke skal gå på bekostning av tid og ressurser vil det være nødvendig å kontrollere fremdrift på en enklere måte.

5.3.1.1 Tre-steps-prosessen

For å kontrollere og rapportere fremdrift i detaljprosjektering foreslår Larsen en tre-steps-prosess basert på praksis fra olje- og gassindustrien til å måle fremdrift i en modellbasert arbeidsflyt (Mejlænder-Larsen, 2018). Denne prosessen tilsier at BIM-modeller bør oppnå høyere modellmodenhetsstatus ved hver milepæl, at modelldata hentes ut fra BIM-programvaren, at ferdighetsgraden blir regnet ut for kontrollområder med utgangspunkt i modelldataen og at ferdighetsgraden knyttes opp mot prosjekteringsplanen.

Det som hindrer prosjektene å benytte seg av tre-steps-prosessen er prosjektenes og tre-steps-prosessen tilnærming til å bryte prosjektet ned i aktiviteter og leveranser. Tilnærmingen til rapportering av fremdrift i tre-steps-prosessen er at prosjekter ikke planlegger fremdrift med utgangspunkt i modellmodenhetsindeks, men bruker modellmodenhetsindeks i objekter til å beregne prosentvis fremdrift for kontrollobjekt-grupper. Prosjektene i studien velger derimot å planlegge med MMI-milepæler. Målet med milepæler er å sette punkter på prosjekteringsplanen for å definere hva som skal være gjort til de forskjellige punktene i planen. Siden prosjektene velger å planlegge fremdrift med utgangspunkt i disse MMI-verdiene, er kontrollering og rapportering av fremdrift også nødt til å ta utgangspunkt i MMI-verdiene.

Siden MMI kun reflekterer designutviklingen ved milepæler vil det være vanskelig å forutsi noe om fremdriften på prosjektaktivitetene. For å kunne fortelle noe om fremdriften på designaktiviteter foreslår CII en tilnærming hvor man måler ferdigheten til neste MMI-nivå, gjennom et avkrysnings skjema (Construction Industry Institute, 2019). Dette vil ikke gi noen indikasjon på fremdriften da aktivitetene ikke er knyttet opp mot prosjekteringsplanen, og det anbefales at man ikke setter denne målingen inn i prosjekteringsplanen. I forbindelse med dette kan det derimot tenkes at tre-steps-prosessen er bedre egnet for å rapportere fremdrift på prosjektaktivitetene. I likhet med rapportering av modellstatus fra

BIM, vil det også være sannsynlig at det er mulig å rapportere objekt-status i modeller. Med utgangspunkt i dette vil man kunne beregne prosentvis fremdrift mot neste modenhetsnivå for modellen, ved å se på hvor mange objekter som gjenstår å berike i forhold til antall objekter i modellen. For at modellene skal oppnå en høyere modenhetsstatus er det slik at modeller er nødt til å passere kvalitetsporter. Dette vil derimot ikke være nødvendig på objektnivå, da målet med å kontrollere modell er å kontrollere at objektene i modellen stemmer. En forutsetning for kontrollobjekter, i dette tilfellet kontrollmodeller, vil være at modellen er avhengig av at alle objekter oppnår tilsvarende modellstatus (Mejlænder-Larsen, 2018), og det kan tenkes at det derfor kan settes modenhet på objekter uten større medfølgende utfordringer.

5.3.1.2 Tilpasset tre-steps-prosess

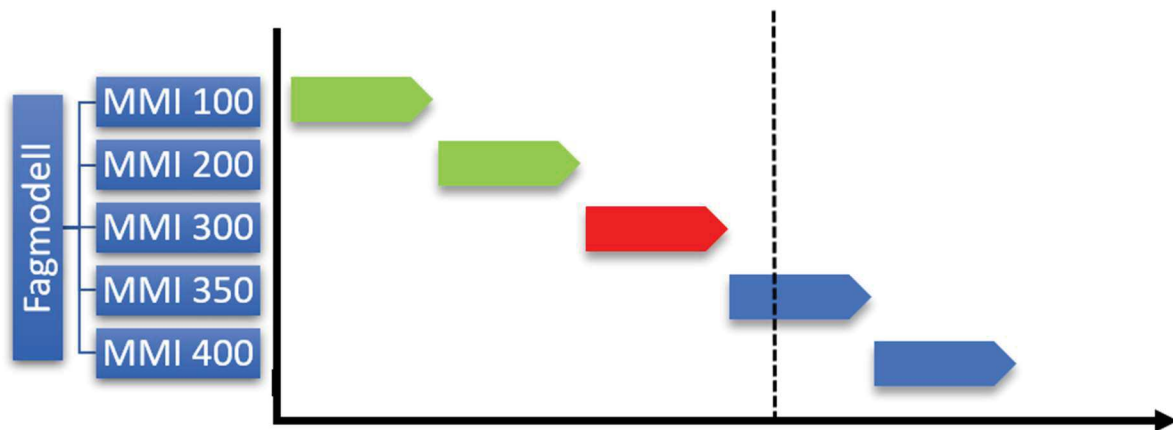
For å tilby en prosess for å kontrollere og rapportere fremdrift i en BIM-basert arbeidsflyt mot prosjektene sin tilnærming til planlegging og planleggingsverktøy er det valgt å tilpasse tre-steps-prosessen. Tilpasningen er strukturert og sammenlignet med den opprinnelige tilnærmingen i tabell 10. Det er valgt å tilpasse tre-steps-prosessen basert på prosjektplanene til prosjekt A og B. Med utgangspunkt i prosjektstyring er målet med tre-steps-prosessen å visualisere fremdriften opp mot prosjekteringsplan, da modenhet bare kan reflektere designutviklingen ved milepæler.

	Gammel tre-steps-prosess for rapportering av fremdrift	Tilpasset tre-steps-prosess for kontrollering av prosjektaktiviteter
Mål	Rapportere fremdrift på aktiviteter	Rapportere fremdrift på prosjektaktiviteter
Nøkkelpunkt	Sette ferdighetsgrad (%) på aktiviteter	Kontrollere MMI aktiviteter
Punkter:		
P 1.1	BIM-modeller bør deles inn i kontrollobjekter	BIM-modeller bør deles inn i kontrollobjekter
P 1.2	Prosjektplanen bør deles inn i milepæler hvor man oppnår høyere kvalitet ved hver milepæl.	Prosjektplanen bør deles inn i milepæler hvor man oppnår høyere kvalitet ved hver milepæl.
P.1.3	Kontrollobjekter knyttes til milepælsplanen hvor man oppnår høyere modellstatus ved hver milepæl.	Kontrollobjekter knyttes til milepælsplanen hvor man oppnår høyere modellstatus ved hver milepæl.
P 2.1	Modelldata eksporteres ut ved hjelp av BIM-programmer	Modelldata eksporteres ut ved hjelp av BIM-programmer
P 2.2	Beregningsprogrammer måler ferdighetsgraden for et høyere abstraksjonsnivå basert på modellstatusene for PNS	---
P 3.1	Ferdighetsgraden importeres til prosjektplan	Modellstatus importeres til prosjektplan
Utfordring med gammel prosess	<ul style="list-style-type: none"> • Prosjektene (prosjekt A, B og C) planlegger modellmodenhet på modeller • Tre-steps-prosessen vil for prosjektene dermed måle fremdrift for fagmodeller <ul style="list-style-type: none"> ○ Tre-steps-prosessen i forhold til PNS medfører lav detaljeringsgrad • Tre-steps-prosessen gir prosentvis indikasjon på aktiviteter, og gjør det vanskelig å skape en rask forståelse for fullført/ikke-fullførte aktiviteter 	
Tiltak for tilpasset prosess	<ul style="list-style-type: none"> • Måler fremdrift på laveste abstraksjonsnivå for prosjekteringsplanen • Visualiserer fremdrift på aktivitetene <ul style="list-style-type: none"> ○ Fullført/ikke-fullført da modeller først får høyere status ved milepæler • Det vil likevel være mulig å aggregere fremdrift oppover i prosjekteringsplanen, men krever da at P 2.2 kommer etter P 3.1 	

Tabell 10: Tilpasset tre-steps-prosess for MMI på modeller

5.3.2 Visualisering

Effektiv kommunikasjon er avhengig av enkle, klare, visuelle kommunikasjonsverktøy (Parry et al., 2006). Lean metodikk handler om å se helheten, hvilke prosesser som er pressende, hvem som arbeider med hva og hvordan virksomheten ligger an i forhold til å nå mål og resultater (Braun, 2014). Her vil både prosjekt A og C ha en fordel da man får en visuell tilnærming til fremdriften gjennom Gantt-planer. En tenkt fremstilling for bedre kontroll er illustrert i figur 50. Visualisering av fremdriften i prosjektet gjør det lettere for de prosjekterende og prosjektleder å få en forståelse av hvor prosjektet ligger med tanke på fremdrift.



Figur 50: Kontrollering av MMI mot fremdriftsplan

Et viktig aspekt med en visuell tilnærming vil være å skape en forståelse for aktivitetene i prosjektet (Altenburger et al., 2012). Med tanke på fremdriftsstyringen så vil det være svært viktig å ha god kontroll på at man har gjennomført det som skal være gjort. Det er derfor et behov for at de verktøyene som brukes for å kontrollere fremdrift tydelig formidler statusen til leveranser og aktiviteter. Informantene i prosjekt D forteller at det viktigste er å ha kontroll på at det som skal være fullført faktisk er fullført, for at prosjektet skal kunne gå videre uten større problemer. Både prosjekt B og D vil her ha en fordel for å kunne identifisere prosjektaktiviteter som ikke er fullført i henhold til prosjekteringsplan, da prosessverktøyet i prosjekt D lyser rødt for respektive aktiviteter og at modellsjekk i prosjekt B identifiserer modeller som ikke er fullført i henhold til de reglene som settes for modellsjekken.

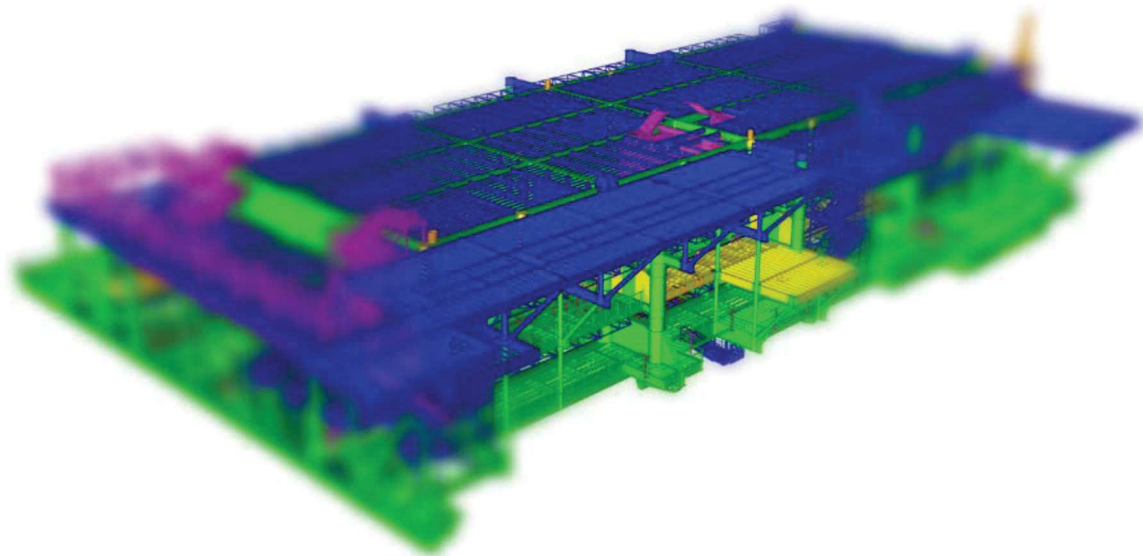
Teorien presiserer at det er viktig å følge fremdrift og prosjektets utvikling for å kunne styre prosjektet med tanke på prosjektmål knyttet til fremdrift (E. Eraya, 2018; Mejlænder-Larsen, 2018; Project Management, 2013). Den legger opp til at det først og fremst er viktig å knytte fremdrift mot prosjekteringsplan. Ved å ta utgangspunkt i prosjektene ser man derimot at det vil være likeså viktig å identifisere og avdekke de aktivitetene som ikke er fullført i henhold til prosjekteringsplanen og tydeliggjøre disse.

5.3.3 Kommunikasjon

Prosjektene har en modellbasert tilnærming til prosjekteringen. Siden det i prosjektene prosjekteres og bygges samtidig er det viktig å kommunisere fremdrift slik at de som skal bygge vet statusen på prosjekteringen i de forskjellige kontrollområdene. Informantene forteller at det er en stor utfordring med modellbasert prosjekteringen at en modell til enhver tid ser veldig ferdig ut, selv om den ikke er det. I tillegg vil entreprenør ha tilgang til felles modell til enhver tid, noe som også medfører at det er viktig å kommunisere modenhet på en effektiv og enkel måte. For å sikre at bygging kan foregå samtidig

som prosjektering er det viktig å tydeliggjøre hvilke modeller det kan bygges etter. For å sikre at prosjektet blir gjennomført innenfor prosjekt-rammene er det viktig at alle prosjektdeltakere har samme oppfatning av kvalitet og arbeid knyttet til prosjektaktivitetene (Carrara et al., 2012; E. Eraya, 2018; Project Management, 2013). Dette handler om å sikre at informasjonsbehovet til interessentene blir møtt.

Blant prosjektene er det kun prosjekt A som foreløpig forsøker å enkelt formidle modenhet i kontrollområdene ut mot entreprenør, som er illustrert i figur 43. I motsetning til prosjekteringsplanen som viser fremdriften knyttet til prosjekteringsaktivitetene, presiserer prosjekt A at Power BI-løsningen er en orientering fra prosjektledelsen til produksjon, slik at anleggslederne kan planlegge sin drift. Det er tydelig at produksjon i like stor grad som de prosjekterende er nødt til å vite modenheten i de forskjellige modellene. Det kan tenkes at produksjon blir tilsendt eller varslet om hvilke modeller som er klar for å bygges etter, det kan derimot hende at dette først skjer når modellene er ferdig prosjektert. Produksjonsansvarlige vil i likhet med fagansvarlige i prosjektering ta del i prosjekteringsmøtene, og vil også her få en oppdatering knyttet til status på relevante modeller. Derimot kan man gjennom egen orientering av fremdriften slik som i prosjekt A kunne forbedre oppstart før modeller er ferdig prosjektert og før man tar del i prosjekteringsmøtene. Dette betyr at det vil være aktuelt å enkelt kunne formidle prosjektstatus mot produksjon.



Figur 51: Fargekodet BIM-modell (Mejlænder-Larsen, 2018)

På samme måte som at prosjekt A kommuniserer fremdrift på fagmodeller gjennom Power BI foreslår Larsen å fargekode modeller i henhold til MMI-verdier, som vist i figur 51. På denne måten vil man tydeliggjøre modenhet i modeller uten å måtte bruke tilstrekkelige ressurser på å rapportere modenhet ut mot interessenter. Informant I forteller også at det vil være nyttig å kunne kommunisere modenhet på denne måten.

6 Konklusjon

Forskningsspørsmål 1: Hvilken funksjon har MMI i prosjektgjennomføringen?

En stor utfordring i modellbasert tilnærming til design med samtidig prosjektering er at det skapes store mengder informasjon. Parallell tverrfaglig prosjektering er preget av høy dynamikk gjennom iterasjoner, endringer, avklaringer og arbeid knyttet til å avdekke og løse avhengigheter. Store mengder informasjon og høy dynamikk begrenser muligheten til å skape en god situasjonsforståelse knyttet til aktiviteter og informasjon. For å sikre at prosjekteringsaktiviteter gjennomføres med riktig kvalitet og i henhold til fremdrift vil det være viktig å sikre at de prosjekterende har forståelse for tverrfaglig løsninger og prinsipper. For at det skal være mulig å ha en forståelse for aktiviteter til andre prosjekterende vil det i prosjekteringen være nødt til å ha noe i modellen som forteller deg om modenheten i modeller og objekter. MMI er i prosjekteringen en egnet løsning for å skape en tverrfaglig og helhetlig forståelse i prosjektet. Studien viser at MMI både støtter synkron og asynkron samhandling. Med utgangspunkt i parallell tverrfaglig prosjektering vil det være viktig å sikre at MMI settes på modeller og objekter for å sikre effektiv kommunikasjon. Fordi prosjekteringen utforsker løsninger og prinsipper gjennom iterasjoner i forbindelse med parallell tverrfaglig samhandling, er det nødvendig å kunne låse prinsipper til bestemte punkter i prosjektgjennomføringen. Med modeller som designartefakter bør prosjekter planlegge og styre utviklingen av modenheten til modeller i prosjektet, for å sikre kontroll knyttet til kvalitet og fremdrift. For å sikre samspillet mellom prosesser, mennesker og teknologi i samtidig prosjektering vil det være viktig å sikre en implementasjon av MMI som styringsverktøy hvor MMI blir forstått og akseptert som en del av den modellbaserte tilnærmingen til prosjektering.

Forskningsspørsmål 2: Hvordan planlegger prosjekter fremdrift med utgangspunkt i MMI?

For at det skal være mulig å kontrollere og følge fremdrift opp mot planlagt fremdrift er det viktig at prosjekteringsplanen samsvarer med milepælsplanen. For å styre utviklingen av modenhet i prosjekter er man i milepælsplanen avhengig av å definere milepæler med utgangspunkt i MMI-verdier. Siden prosjektaktivitetene i prosjekteringsplanen er nødt til å samsvare med milepælene i milepælsplanen må

aktivitetene i prosjekteringsplanen også basere seg på MMI-verdier. For å kunne styre prosjektet med utgangspunkt i MMI er det nødvendig å måle fremdriften i prosjektet på et nivå hvor man kan iverksette forebyggende eller korrektive tiltak for å sikre at prosjektet gjennomføres i henhold til plan. Studien viser at prosjekter bør bryte prosjektomfanget ned på like kontrollområder basert på kompleksitet og arbeidsmengde. Noen disipliner i prosjekteringen er avhengig av at andre disipliner har satt prinsipper, og det vil derfor være hensiktsmessig å også følge fremdrift på modeller i henhold til fag.

Forskningsspørsmål 3: Hvordan bør prosjekter måle fremdrift med utgangspunkt i MMI?

For å kontrollere fremdrift med utgangspunkt i MMI bør prosjekter sikre en tilnærming med en BIM-basert arbeidsflyt. Studien viser at det å kontrollere og rapportere fremdrift med MMI er tid- og ressurskrevende og prosjekter bør derfor støtte opp om dette arbeidet ved hjelp av digitale verktøy. For å kontrollere fremdrift bør prosjekter anvende en tilpasset tre-steps-prosess som er basert på praksis fra olje- og gassnæringen. Studien viser at prosjekter planlegger fremdrift med utgangspunkt i MMI-milepæler på fagmodeller, og at MMI leveranser ikke lar seg kombinere med videre prosjekt-nedbrytning. For at det skal være mulig å kontrollere fremdrift er prosessen derfor tilpasset for å kontrollere aktiviteter på disiplinnivå. I tillegg til å kontrollere fremdrift er det konkludert med at prosjekter bør rapportere modellmodenhet og fremdrift med tre forskjellige tilnærminger med utgangspunkt i forskjellige behov. Disse tilnærmingene er som følger:

- **Kontroller fremdrift mot prosjekteringsplan:**

Modellstatus bør knyttes til planlagte milepæler i prosjekteringsplan slik at det er mulig å se fremdriften på prosjektaktivitet opp mot prosjektets livsløp.

- **Visualiser prosjektaktiviteter mot planlagt fremdrift:**

Det er viktig å tydeliggjøre hvilke aktiviteter som ikke er gjennomført i forhold til prosjekteringsplan. Mens kontrollering av aktiviteter i prosjekteringsplan handler om å skape en forståelse for prosjektets fremdrift, vil det like viktig å ha kontroll på hvilke aktiviteter som ikke holder mål med tanke på kvalitet og fremdrift.

- **Visualiser modellstatus:**

Visualisering av modellstatus handler om å sikre at interessenter har en forståelse for status på prosjekteringen. Det vil være viktig å tydeliggjøre hvilke modeller som kan bygges etter.

6.1 Videre arbeid

Denne studien fokuserer overordnet på prosjektstyring i kombinasjon med MMI, da undersøkelsen forsøker å sette prosjektstyring av MMI i kombinasjon med planlegging og samhandling av designartefakter. Målet med dette er å vurdere om det er relevant å kontrollere og rapportere fremdrift med utgangspunkt i MMI. Siden studien viser en tydelig sammenheng mellom en modellbasert tilnærming til prosjektering og behovet for prosjektstyring, planlegging og samhandling med utgangspunkt i MMI, så kan det konkluderes med at prosjektstyring med MMI i stor grad er aktuelt for å styre prosjekteringsaktiviteter. Siden undersøkelsene i stor grad er benyttet for å sette MMI og prosjektstyring i sammenheng med andre aktiviteter, vil det være hensiktsmessig å gå i dybden på de forskjellige elementene som det er fokusert på i denne studien.

Funnene viser at kontrollering og rapportering av fremdrift bør knyttes til en BIM-basert arbeidsflyt. Det kan tenkes at videre arbeid bør fokusere på mulighetene til å automatisere kontrolleringen og rapporteringen av prosjektaktiviteter med BIM. Videre arbeid knyttet til MMI kan også undersøke i hvilken grad MMI kan knyttes opp mot prosjektstyring med utgangspunkt i prosessverktøy og alternative metoder for å kontrollere og rapportere fremdrift. Med tanke på digital samhandling og IKT-basert arbeid kan det være aktuelt å se på hvordan implementasjon av MMI og indikasjoner for modellmodenhet i større grad påvirker samarbeid og samhandling, samt hvordan man kan håndtere utfordringer som oppstår i kombinasjon med dette.

7 Referanser

- Abou-Ibrabim, H., & Hamzeh, F. (2017). *Design management: Metrics and visual tools*. Paper presented at the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2017, July 9, 2017 - July 12, 2017, Hersonissos, Crete, Greece.
- Abou-Ibrahim, H., & Hamzeh, F. (2016). Enabling lean design management: An LOD based framework. *Lean Construction Journal*, 2016, 12-24.
- Abou-Ibrahim, H., & Hamzeh, F. (2018). Managing design projects: Methods and Possible improvements using BIM.
- Alahuhta, P. (2015). Shared Artefacts and Virtual Worlds in Computer-Mediated Creative Collaboration.
- Altenburger, T., Guerriero, A., Vagner, A., & Martin, B. (2012). *Groupware requirements modelling for adaptive user interface design*. Paper presented at the 9th European Conference on Product and Process Modelling (ECPPM 2012), July 25-27th, 2012, Reykjavik, Iceland.
- Andersson, L., Farrell, K., Moshkovich, O., & Cranbourne, C. (2016). *Implementing Virtual Design and Construction using BIM: Current and future practices* (1. edition ed.): Routledge.
- Architects, T. A. I. o. (2013). Guide, instructions and commentary to the 2013 AIA Digital Practice documents.
- Bassanino, M., Fernando, T., & Wu, K.-C. (2014). Can virtual workspaces enhance team communication and collaboration in design review meetings? *Architectural Engineering and Design Management*, 10(3-4), 200-217.
- Bhuiyan, N., Thomson, V., & Gerwin, D. (2006). Implementing concurrent engineering. *Research-Technology Management*, 49(1), 38-43.
- BIMForum. (2015). Level of development specification.
- BIMForum. (2019). Level of Development (LOD) Specification part 1 & Commentary.
- Boton, C., Kubicki, S., & Halin, G. (2015). *The Challenge of Level of Development in 4D/BIM Simulation Across AEC Project Lifecycle. A Case Study*. Paper presented at the 4th Creative Construction Conference, CCC 2015, June 21, 2015 - June 24, 2015, Krakow, Poland. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.058>
- Braun, P. K., R. (2014). *Introduktion till Lean*: Liber AB.
- Brinkmann, S. T., T. (2012). *Kvalitative metoder: empiri og teoriutvikling*: Gyldendal Norsk Forlag.
- Brottveit, G. (2018). *Vitenskapsteori og kvalitative forskningsmetoder : om å arbeide forskningsrelatert*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Busch, T. (2013). *Akademisk skriving for bachelor- og masterstudenter*. Bergen: Fagbokforl.
- Carrara, G., Fioravanti, A., & Loffreda, G. (2012). A model of cross-disciplinary building knowledge supporting collaboration. *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*.
- Carstensen, P. H., & Schmidt, K. (1999). *Computer supported cooperative work: New challenges to systems design*. Paper presented at the In K. Itoh (Ed.), *Handbook of Human Factors*.
- Chachere, J., Kunz, J., & Levitt, R. (2009). The role of reduced latency in integrated concurrent engineering. *CIFE WP*, 116.
- Colombia_Edu. QMMS e-lesson. In.
- Construction Industry Institute. (2019). *Measuring Progress and Defining Productivity Metrics in Model-based Engineering*.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2011). *The SAGE handbook of qualitative research* (4th ed. ed.). Los Angeles: Sage.
- E. Eraya, C. T. H., D. Raysideb, M. Golparvar-Fard. (2018). A conceptual framework for tracking design completeness of Track Line discipline in MRT projects. *35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2018)*.

- Fløisbonn, H. W., Skeie, G., Uppestad, B., Markussen, B., & Sunesen, S. (2018). MMI - Modellmodenhetsindeks.
- Fosse, R., & Ballard, G. (2016). *Lean design management in practice with the last planner system*. Paper presented at the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2016, July 18, 2016 - July 24, 2016, Boston, MA, United states.
- Gomes, D., & Tzortzopoulos, P. (2018). Building shared understanding during early design.
- Grytting, I. (2017). *Bruk av LoD-beslutningsplan i prosjekteringa på BIM-prosjekt*. NTNU,
- Gutwin, C., & Greenberg, S. (2002). A descriptive framework of workspace awareness for real-time groupware. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 11(3-4), 411-446.
- Hamzeh, F. R., Ballard, G., & Tommelein, I. D. (2009). *Is the Last Planner System applicable to design? A case study*. Paper presented at the 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC17, July 13, 2009 - July 19, 2009, Taipei, Taiwan.
- Hjeltnes, T. A., & Hansen, T. B. (2018). L1 - Introduksjon til multidisiplinær samhandling.
- Hollermann, S., Melznerand, H., & Bargstadt, J. (2012). BIM—A challenge for communication between parties involved in construction. In.
- Hooper, M. (2015). Automated model progression scheduling using level of development. *Construction Innovation*, 15(4), 428-448.
- Isikdag, U. (2015). The Future of Building Information Modelling: BIM 2.0. In *Enhanced Building Information Models* (pp. 13-24): Springer.
- Jacobsen, D. I. (2003). *Forståelse, beskrivelse og forklaring : innføring i samfunnsvitenskapelig metode for helse- og sosialfagene*. Kristiansand: Høyskoleforl.
- Jaeger, J., Leuthner, B., Markwardt, A., Siegler, S., & Sulzer, C. (2007). Comparative analysis of best practice. *InPro D4, Task, 1*.
- Jin, X.-H., & Le, Y. (2014). *Monitoring construction projects using information technologies*. Paper presented at the 17th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate, CRIOCM 2012, November 17, 2012 - November 18, 2012, Shenzhen, China.
- Johansson, P. L., Henrik C.J. Granth, Kaj. (2014). The role of BIM in preventing design errors.
- Jung, M., Ko, S., & Chi, S. (2017). A progress measurement framework for large-scale urban construction projects. 1-7. doi:10.1007/s12205-017-0245-2
- Kam, C., Senaratna, D., McKinney, B., Xiao, Y., & Song, M. (2013). The VDC scorecard: Formulation and validation. *Center for Integrated Facility Engineering: Stanford University*.
- Kerosuo, H., Mäki, T., Codinhoto, R., Koskela, L., & Miettinen, R. (2012). *In time at last: Adaption of Last Planner tools for the design phase of a building project*. Paper presented at the 20th Annual Conference of the International Group of Lean Construction. Are We Near a Tipping Point.
- Khalid, R., Duquenne, P., & Hait, A. (2008). *Progress in large-shared projects: Method for forecasting and optimizing project duration in a distributed project*. Paper presented at the 2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management.
- Knotten, V., & Svalestuen, F. (2014). *Implementing Virtual Design and Construction (VDC) in Veidekke-Using Simple Metrics to Improve the Design Management Process*. Paper presented at the Proceedings of the 22nd Annual Conference of the International Group For Lean Construction.
- Koskela, L., Huovila, P., & Leinonen, J. (2002). Design management in building construction: from theory to practice. *Journal of construction research*, 3(01), 1-16.
- Krumsvik, R. J. (2013). *Innføring i forskingsdesign og kvalitativ metode*. Bergen: Fagbokforl.
- Kunz, J., & Fischer, M. (2009). Virtual design and construction: themes, case studies and implementation suggestions. *Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University*.
- Lavikka, R., Smeds, M., & Smeds, R. (2012). Towards coordinated BIM based design and construction process. *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*, 513-520.
- Lin, Y.-C. (2014). Construction 3D BIM-based knowledge management system: A case study. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(2), 186-200. doi:10.3846/13923730.2013.801887
- McPhee, A. S., B. (2013). Practical BIM - what is this thing called LOD. Retrieved from www.practicalbim.blogspot.se/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html
- Mejlænder-Larsen, Ø. (2015). Using BIM to follow up milestones in a project plan during the design phase. *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations*, 149, 97.

- Mejlænder-Larsen, Ø. (2016). Improving Transition from Engineering to Construction Using a Project Execution Model and BIM.
- Mejlænder-Larsen, Ø. (2018). A three-step process for reporting progress in detail engineering using BIM, based on experiences from oil and gas projects.
- NTNU. (2018). Distribuert Concurrent Design. *Lærestoffet er utviklet for emnet Concurrent Design. Lærematerialet er utviklet av fagmiljøet ved Anvendt Informasjonsteknologi.*
- OpenBIM. (2013). Fastställda detaljeringsnivåer kan ge ökad nytta av BIM (Established Detail Levels can Provide Increased Benefit of BIM). *OpenBIM Infoblad, available at: www.bimalliance.se//media/OpenBIM/Files/Infoblad/Faststallda_detaljeringsnivaer_kan_ge_okad_nytta_av_BIM.ashx.*
- Owen, R. L., Amor, R., Dickinson, J., Prins, M., & Kiviniemi, A. (2013). Research roadmap report: Integrated Design and Delivery Solutions (IDDS).
- Paavola, S., & Miettinen, R. (2018). Dynamics of Design Collaboration: BIM Models as Intermediary Digital Objects. *Computer Supported Cooperative Work: CSCW: An International Journal*, 27(3-6), 1113-1135. doi:10.1007/s10606-018-9306-4
- Parry, G., & Turner, C. (2006). Application of lean visual process management tools.
- Penttilä, H. (2006). Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 11(29), 395-408.
- Pettersen, R. C. (2016). *Oppgaveskrivingens ABC : veileder og førstehjelp for bachelorstudenten* (2. utg. ed.). Oslo: Universitetsforl.
- Project Management, I. (2013). *A Guide to the project management body of knowledge : (PMBOK guide)* (5th ed. ed.). Newton Square, Pa: Project Management Institute.
- Schade, J., Olofsson, T., & Schreyer, M. (2011). Decision-making in a model-based design process. *Construction Management and Economics*, 29(4), 371-382. doi:10.1080/01446193.2011.552510
- Schimanski, C. P., Marcher, C., Dallasega, P., Marengo, E., Follini, C., Rahman, A. U., . . . Matt, D. T. (2018). Promoting Collaborative Construction Process Management by Means of a Normalized Workload Approach.
- SSB. (2018). Produktivitetsfall i bygg og anlegg.
- Statsbygg. (2018). Prosjekt Livsvitenskap (UIO) Lean strategi for samspill-/detaljprosjekteringsfasen og byggefasen.
- Strand, K. A., Staupe, A., & Maribu, G. M. (2012). *Prescriptive Approaches for Distributed Cooperation*. Paper presented at the EdMedia+ Innovate Learning.
- Suresh, S., Olayinka, R., Chinyio, E., & Renukappa, S. (2017). *Impact of knowledge management on construction projects*.
- Svalestuen, F., Knotten, V., Lædre, Ola, and Lohne, J. (2018). Planning the building design process according to Level of Development. *Lean Construction Journal*, pp 16-30.
- Tauriainen, M., Marttinen, P., Dave, B., & Koskela, L. (2016). The effects of BIM and lean construction on design management practices. *Procedia engineering*, 164, 567-574.
- Timmins, F., & McCabe, C. (2005). How to conduct an effective literature search. *Nursing standard*.
- Tjora, A. H. (2012). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (2. utg. ed.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Torfin, J. (2004). Det stille sporskifte i velferdsstaten: En diskursteoretisk beslutningsprocesanalyse.
- Tory, M., Staub-French, S., Po, B. A., & Wu, F. (2008). Physical and digital artifact-mediated coordination in building design. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 17(4).
- Van Berlo, L., Beetz, J., Bos, P., Hendriks, H., & Van Tongeren, R. (2012). *Collaborative engineering with IFC: new insights and technology*. Paper presented at the 9th European Conference on Product and Process Modelling, Iceland.
- von Heyl, J., & Teizer, J. (2017). *Lean Production controlling and tracking using digital methods*. Paper presented at the Lean & Computing in Construction Congress (LC3), Heraklion, Greece.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research : design and methods* (5th ed. ed.). Los Angeles, Calif: SAGE.
- Zou, R. R., Tang, L. C. M., & Goh, M. (2013). Assessment of information maturity during design, operation and maintenance stages within BIM use environment. *19th International Conference on Engineering Design, ICED 2013, August 19, 2013 - August 22, 2013*, 6 DS75-06, 41-52.

8 Vedlegg

Vedlegg A – Intervjuguide

Vedlegg B – NSD godkjenning

Vedlegg C – Samtykkeskjema

Vedlegg A

Intervjuguide

Introduksjon (5 min)

- Om meg
- Om oppgaven
- Bakgrunn for oppgaven
- Formål med intervjuet
- Disposisjon

Deltakers bakgrunn (overgangsspørsmål 5 min)

- Hva er stillingen din?
- Hvor lenge har du jobbet i denne stillingen?
- Hva går prosjektet ut på?
- Hvilken rolle har du i prosjekteringsgruppen?

Nøkkelspørsmål (40 min)

Hvilke erfaringer har man med nåværende bruk av modellmodenhet?

- Hva er de største utfordringene når dere starter et nytt prosjekt?
 - Hvordan håndterer dere disse utfordringene?
 - Hvilken informasjon er dere nødt til å håndtere i prosjekteringen?
 - Hva vil du si er det vanskeligste ved prosjekteringen?
 - Er noen større utfordringer knyttet samarbeid mellom disipliner?
 - Hvilke teknikker eller metoder har dere tatt i bruk for å støtte prosjekteringen?
 - Hvilke behov knyttet til samarbeid og kommunikasjon oppstår i prosjektet?
- Hvilke erfaringer har dere med modellmodenhetsindeks?
 - Hva bruker dere MMI til?
 - Hvordan definerer dere MMI?
 - På hvilke måter støtter MMI prosjektgjennomføringen?
 - Foretrekker dere MMI ovenfor LOD?
 - Brukes MMI i hele eller bare deler av prosjektet?
 - I hvilke sammenhenger bruker dere MMI?
- Hvordan påvirker MMI samarbeidet og samhandlingen i prosjektet?
 - Har innføring av MMI forbedret prosjektgjennomføring?
 - Er det enklere eller vanskeligere å styre designaktiviteter med MMI?
 - Har prosjektgjennomføringen blitt bedre med bruk av MMI. (MMI eller av MMI i kombinasjon med andre teknikker?)
 - Har fagdisipliner blitt bedre på å samarbeide?
 - Hvordan støtter MMI opp mot samarbeid mellom disipliner?

Hva er nåværende tilnærminger til modellbasert fremdriftsplanlegging?

- Hvordan planlegges design i prosjektet?
 - Hva er det dere legger vekt på når dere planlegger et nytt prosjekt?
 - Hvilke planleggingsverktøy er benyttet i prosjektet?
 - Hvordan går dere frem for å avdekke avhengigheter mellom disipliner?
 - Hvordan går dere frem for å sikre at designaktiviteter blir gjennomført riktig?
- Hvordan planlegges fremdrift i prosjektet?
 - Hvordan planlegger dere fremdriften i prosjektet?
 - Hvilke verktøy bruker dere for å planlegge fremdrift?
- Hvordan planlegges fremdrift av modellmodenhet?
 - Hvordan planlegger dere fremdrift av modellmodenhet?
 - Hvilke utfordringer opplever dere ved planlegging av modellmodenhet?
 - På hvilket nivå planlegges det for MMI?
 - Planlegger dere prosjektet i seksjoner?
 - Hvorfor velger dere å dele prosjektet opp i disse kontrollobjektene?

Hvordan bør styring og kontrollering av fremdrift gjennomføres?

- Hvordan styrer dere fremdrift i prosjektet?
 - Hvordan blir MMI fulgt opp under prosjektering?
 - Hvordan følger dere fremdrift i prosjektet utenfor milepæler?
- Hvilke erfaringer har dere med prosjektmålinger og effektindikatorer?
 - Hvilke målinger brukere dere for å følge med på prosjektet?
 - Hvilken effekt har målinger på samarbeidet og fremdriften i prosjektet?
- Hvordan håndterer og styrer dere informasjon knyttet til modenhet?
 - Hvordan blir leveranser av MMI gjennomført
 - Hvordan loggføres MMI leveranser?
 - Bruker dere informasjonssystemer til å håndtere denne informasjonen, hvilke?
 - Hvordan behandler informasjonssystemet denne informasjonen?
- Hvordan kontrollerer dere fremdrift i prosjektet?
 - Hvor ofte kontrollerer dere fremdrift i prosjektet?
 - Hvordan kontrollerer dere fremdrift av modellmodenhetsindeks?
 - Hvordan blir kontrollert MMI kommunisert med prosjektgruppen?
 - Blir alle deltakere informert om fremgangen i prosjektet?
- Hvordan kontrolleres faktisk fremdrift mot fremdriftsplan?
 - Hvordan kontrollerer dere fremdrift mot fremdriftsplan?
 - Hvilke utfordringer støter dere på ved å knytte fremdrift mot fremdriftsplan?
 - Hvor ofte samsvarer fremdrift og fremdriftsplan?
 - Hvor ofte blir milepæler overskredet?
 - Når blir milepæler overskredet?
 - Hvilke milepæler er det som blir overskredet?
 - Hvorfor blir disse milepælene overskredet?

Oppsummering og avslutning (5 min)

- Oppsummere funn
- Har du noen spørsmål?

Vedlegg B

25.5.2019

Meldeskjema for behandling av personopplysninger



NSD sin vurdering

Prosjekttittel

Fremdriftsrapportering i detaljprosjektering

Referansenummer

131393

Registrert

29.11.2018 av Kåre Meland Reitan - kaaremr@stud.ntnu.no

Behandlingsansvarlig institusjon

NTNU Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet / Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk (IE) / Institutt for datateknologi og informatikk

Prosjektansvarlig (vitenskapelig ansatt/veileder eller stipendiat)

Kunt A Strand, knut.a.strand@ntnu.no, tlf: 73559563

Type prosjekt

Studentprosjekt, masterstudium

Kontaktinformasjon, student

Kåre Reitan, kaaremr@stud.ntnu.no, tlf: 47813149

Prosjektperiode

23.08.2018 - 27.05.2019

Status

21.01.2019 - Vurdert

Vurdering (1)

21.01.2019 - Vurdert

Det er vår vurdering at behandlingen av personopplysninger i prosjektet vil være i samsvar med personvernlovgivningen så fremt den gjennomføres i tråd med det som er dokumentert i meldeskjemaet med vedlegg den 21.01.2019. Behandlingen kan starte.

MELD ENDRINGER

Dersom behandlingen av personopplysninger endrer seg, kan det være nødvendig å melde dette til NSD ved å oppdatere meldeskjemaet. På våre nettsider informerer vi om hvilke endringer som må meldes. Vent på svar før endringer gjennomføres.

TYPE OPPLYSNINGER OG VARIGHET

Prosjektet vil behandle alminnelige kategorier av personopplysninger frem til 27.05.2019.

LOVLIG GRUNNLAG

Prosjektet vil innhente samtykke fra de registrerte til behandlingen av personopplysninger. Vår vurdering er at prosjektet legger opp til et samtykke i samsvar med kravene i art. 4 og 7, ved at det er en frivillig, spesifikk, informert og utvetydig bekreftelse som kan dokumenteres, og som den registrerte kan trekke tilbake. Lovlig grunnlag for behandlingen vil dermed være den registrertes samtykke, jf. personvernforordningen art. 6 nr. 1 bokstav a.

PERSONVERNPRINSIPPER

NSD vurderer at den planlagte behandlingen av personopplysninger vil følge prinsippene i personvernforordningen om:

- lovlighet, rettferdighet og åpenhet (art. 5.1 a), ved at de registrerte får tilfredsstillende informasjon om og samtykker til behandlingen
- formålsbegrensning (art. 5.1 b), ved at personopplysninger samles inn for spesifikke, uttrykkelig angitte og berettigede formål, og ikke behandles til nye, uforenlige formål
- dataminimering (art. 5.1 c), ved at det kun behandles opplysninger som er adekvate, relevante og nødvendige for formålet med prosjektet
- lagringsbegrensning (art. 5.1 e), ved at personopplysningene ikke lagres lengre enn nødvendig for å oppfylle formålet

DE REGISTRERTES RETTIGHETER

Så lenge de registrerte kan identifiseres i datamaterialet vil de ha følgende rettigheter: åpenhet (art. 12), informasjon (art. 13), innsyn (art. 15), retting (art. 16), sletting (art. 17), begrensning (art. 18), underretning (art. 19), dataportabilitet (art. 20).

NSD vurderer at informasjonen om behandlingen som de registrerte vil motta oppfyller lovens krav til form og innhold, jf. art. 12.1 og art. 13.

Vi minner om at hvis en registrert tar kontakt om sine rettigheter, har behandlingsansvarlig institusjon plikt til å svare innen en måned.

FØLG DIN INSTITUSJONS RETNINGSLINJER

NSD legger til grunn at behandlingen oppfyller kravene i personvernforordningen om riktighet (art. 5.1 d), integritet og konfidensialitet (art. 5.1 f) og sikkerhet (art. 32).

Dersom du benytter en databehandler i prosjektet må behandlingen oppfylle kravene til bruk av databehandler, jf. art 28 og 29.

For å forsikre dere om at kravene oppfylles, må dere følge interne retningslinjer og/eller rådføre dere med behandlingsansvarlig institusjon.

OPPFØLGING AV PROSJEKTET

NSD vil følge opp ved planlagt avslutning for å avklare om behandlingen av personopplysningene er avsluttet.

Lykke til med prosjektet!

Tlf. Personverntjenester: 55 58 21 17 (tast 1)

Vedlegg C



Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjekt

Fremdriftsstyring i detaljprosjektering ved bruk av modellmodenhet

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å undersøke bruk av Modellmodenhetsindeks (MMI) ved prosjektering i bygg- og anleggsprosjekter. I dette skrevet gir jeg deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Jeg henvender meg til deg i forbindelse med et forskningsprosjekt ved Institutt for Datateknologi og Informatikk ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet. Forskningsprosjektet er en del av gjennomføring av masteroppgave i studieprogrammet Digital samhandling. Forskningsprosjektet vil undersøke hvordan aktører i byggenæringen benytter modellmodenhetsindeks (MMI) i prosjektering av bygg- og anleggsprosjekter. Jeg ønsker å kartlegge hvordan MMI benyttes, og hvordan dette påvirker samarbeid og samhandling i prosjekteringsprosessen.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

NTNU er ansvarlig for prosjektet.

Oppgaven skrives av NTNU-student Kåre Reitan.

Veileder ved NTNU er Knut Arne Strand (Programansvarlig Digital samhandling).

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Jeg ønsker å komme i kontakt med aktører som har erfaring og kunnskap innen prosjektering og prosjektstyring, og du har i den forbindelse fått dette brevet.

Hva innebærer det for deg å delta?

Deltakere vil svare på spørsmål som relaterer seg til bruk og anvendelse av MMI i prosjekteringsprosesser. Videre vil deltakere svare på spørsmål som omhandler fremdriftsstyring ved bruk av modellmodenhet, prosjektmålinger og ytelsesindikatorer og erfaringer deltakerne har, knyttet til MMI.

Dybdeintervju vil benyttes som metode for datainnsamling. Der intervju ikke er mulig, eventuelt ikke ønskelig, benyttes spørreundersøkelse. Data registeres i form av svar på spørsmål, notater og lydopptak. Undersøkelse vil foregå på deltakernes arbeidsplass eller ved bruk av videokonferanseverktøy. Der intervju er benyttet som metode for datainnsamling vil intervjuøker sannsynligvis vare fra 45 til 60 minutter. Spørreundersøkelsen vil kunne gjennomføres innen 45 minutter.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle opplysninger om deg vil da bli anonymisert. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Jeg vil bare bruke opplysningene om deg til formålene jeg har fortalt om i dette skrivet. Jeg behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

Det vil ikke være mulig å identifisere hvem som har svart hva i oppgaven. Eventuelle navnelister/koblingsnøkler vil lagres adskilt fra øvrige data.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?

Prosjektet skal etter planen avsluttes 27.05.19. Personopplysninger og lydopptak vil slettes ved prosjektslutt

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- få slettet personopplysninger om deg,
- få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og
- å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Jeg behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra NTNU har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- NTNU ved Kåre Reitan på mail: kaaremr@stud.ntnu.no, eller tlf: 47 81 31 49.
- NTNU ved Knut Arne Strand på mail: knut.a.strand@ntnu.no, eller tlf: 93 24 10 39.
- Vårt personvernombud: Thomas Helgesen på mail: thomas.helgesen@ntnu.no, eller tlf: 93079038.
- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost (personverntjenester@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen
Kåre Reitan

Prosjektansvarlig
(Forsker/veileder)



Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet *Fremdriftsstyring i detaljprosjektering ved bruk av modellmodenhet*, og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i intervju
- å delta i spørreskjema – hvis aktuelt

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. 27.05.19.

(Signert av prosjektdeltaker, dato)