



Universitetet  
i Stavanger

**DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET**

## **MASTEROPPGAVE**

Studieprogram/spesialisering:  Master i industriell økonomi/ <i>Prosjektledelse</i>	Høstsemesteret, 2019  Åpen
Forfatter: Guro Alexandersen	<i>Guro Alexandersen</i> ..... (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Tone Bruvoll, førsteamanuensis II, Universitetet i Stavanger  Veileder(e): Cecilie Irgens, spesialist digital samhandling / BIM Manager, COWI AS	
Tittel på masteroppgaven: Fremdriftsmåling i BIM  Engelsk tittel: Progress measurement in BIM	
Studiepoeng: 30	
Emneord:  BIM Fremdriftsmåling Prosjekteringsledelse Byggebransjen Nytt Regjeringskvartal Politiets Nasjonale Beredskapssenter Stavanger Universitetssykehus	Sidetall: 77  + 1 vedlegg: 3 sider  Oslo, 12.12.2019



# Forord

---

Denne masteroppgaven er siste del av masterstudiet industriell økonomi ved Universitetet i Stavanger og har et omfang på 30 studiepoeng. Oppgaven er utført i samarbeid med COWI AS.

Oppgavens tema er fremdriftsmåling i BIM og oppgaven vil undersøke ulike metoder for å måle fremdrift i BIM i prosjekteringsfasen og nytten det kan gi prosjekteringsledelsen. Det er gjennomført litteraturstudie og spørreundersøkelse med oppfølgingssamtaler med relevante personer i tre utvalgte caseprosjekter.

Jeg ønsker å takke min veileder ved UiS, Tone Bruvoll for god veiledning, tips og råd underveis i prosessen. Takk til COWI og veilederen min der, Cecilie Irgens for engasjement rundt oppgaven, gode tips og veiledning og takk til intervjuobjektene som stilte opp og ga sine innspill. I tillegg vil jeg takke prosjektledelsen og oppdragsgiverne i caseprosjektene som gjorde det mulig å benytte prosjektene i oppgaven.

Oslo, 12. desember 2019

---

Guro Alexandersen



# Sammendrag

---

Byggebransjen utvikles jevnlig og de siste årene har digitalisering, nye verktøy og BIM-modeller påvirket byggebransjen i stor grad. Samtidig er mange arbeidsmetoder og prosesser fremdeles basert på tradisjonell prosjektering uten BIM-modeller og modellering. Fremdriftsmåling i prosjekteringsfasen har tradisjonelt blitt basert på inntjent verdi og subjektive vurderinger med utgangspunkt i produserte tegninger og dokumenter. Dette er tidkrevende og kan redusere nøyaktigheten av målingen. I dag utvikles prosjekteringen løpende i BIM-modellen og tegninger hentes ut som et resultat av modellen. Det er derfor en stor fordel å klare og måle fremdriften i en BIM-modell.

Oppgavens problemstilling og hensikt er å kartlegge metoder for fremdriftsmåling i BIM og undersøke nytten for prosjekteringsledelsen. For å finne svar på dette er det valgt å fokusere på følgende forskningsspørsmål:

- Hvordan og hvor ofte har prosjektene målt og rapportert fremdrift ved hjelp av BIM-modellen?
- Hvilke fordeler og ulemper er knyttet til fremdriftsmåling i BIM?
- Hva kunne vært gjort annerledes i planleggingen og underveis i prosjektet for at fremdriftsmåling i BIM kunne fungert bedre og hvilke forutsetninger må ligge til grunn?

For å besvare de tre forskningsspørsmålene er det gjennomført litteratursøk og valgt ut tre caseprosjekter som i ulik grad benytter fremdriftsmåling i BIM. Nøkkelpersoner fra caseprosjektene har besvart en spørreundersøkelse og oppfølgingssamtaler ble gjennomført for å få tilstrekkelig informasjon.

Studiet viser at de tre caseprosjektene har ulike metoder for å måle fremdrift i BIM og at de benytter tradisjonell fremdriftsmåling i tillegg. Alle caseprosjektene har brukt statuskoder som sier noe om modningsgraden til objektene i modellen for å styre og måle fremdriften, men i ulik grad og form. Studiet viser at målemetoden er avhengig av fase fordi det er stor variasjon i prosjekteringsprosessen og fremdriften i et forprosjekt og detaljprosjekt.

Erfaringene viser at statuskoder gir mange fordeler, men at selve målingen kan være vanskelig og tidkrevende. Ved å benytte farger på statuskodene gir dette en god visualisering av fremdriften i modell og problemområder synliggjøres tydelig. I tillegg er det enkelt å se hva som ligger bak planlagt fremdrift. Statuskodene bidrar også til å gjøre fremdriftsmålingen mer objektiv og nøyaktig. I tidligfase er den største fordel at fokus på fremdriftsmåling i BIM bidrar til at alle fag kommer i gang med modellering tidlig og at utfordringer løses tidligere. Utfordringene er at det er tidkrevende og statuskodene gir en ekstra parameter i modellen som må følges opp. I tillegg er det relativt nytt for bransjen og varierende erfarings- og kunnskapsnivå i prosjekteringsgruppen. Det er utfordrende å planlegge BIM-fremdriften og sette kravene som må stilles til statuskodene for alle fag. En annen ulempe er mangel på gode verktøy for å automatisere måling og rapportering.

Masteroppgaven konkluderer med at fremdriftsmåling i BIM og bruk av status i modell kan forbedre fremdriftsmålingen og kvalitetssikringen i modell og at MMI-statuskodene er et godt utgangspunkt for et felles språk som betegner ferdiggraden til objekter i modell. Det forutsetter god planlegging med tydelige krav og sjekklister til hver status, felles prosedyrer for utføring og god organisering med tanke på BIM-ressurser.

# 1 INNHOLD

---

1	Introduksjon .....	1
1.1	Bakgrunn .....	1
1.2	Problemstilling .....	2
1.3	Avgrensninger .....	2
1.4	Forkortelser .....	3
1.5	Disposisjon .....	3
2	Teori .....	4
2.1	Prosjekteringsfaser i byggeprosjekter .....	4
2.1.1	Skisseprosjekt .....	4
2.1.2	Forprosjekt .....	4
2.1.3	Detaljprosjekt .....	4
2.2	Prosjekteringsorganisasjonen - roller og fag .....	5
2.3	Entrepriseformer .....	6
2.3.1	Totalentreprise .....	6
2.3.2	Utførelsesentreprise .....	7
2.3.3	Samspillsentreprise .....	7
2.4	Prosjektgjennomføringsmodell .....	9
2.5	Fremdriftsstyring .....	10
2.5.1	PNS og KTR .....	11
2.6	Fremdriftsmåling – Tradisjonelle metoder .....	12
2.6.1	Inntjent verdi .....	12
2.6.2	Dokument- og leveranseplan .....	14
2.6.3	Svakheter ved bruk av tradisjonelle metoder .....	15
2.7	BIM .....	16
2.8	Fremdriftsmåling i BIM .....	17
2.8.1	MMI .....	17
2.8.2	Statuskoder fra BuildingSmart .....	20
2.8.3	Fordeler og ulemper med å benytte statuskoder i BIM-modellen .....	21
3	Metode .....	23
3.1	Forskningsmetoder .....	23
3.1.1	Kvalitativ og kvantitativ metode .....	23

3.1.2	Valg av metode .....	24
3.1.3	Gyldighet og pålitelighet .....	25
3.2	Litteraturstudie .....	25
3.2.1	Metodekritikk.....	26
3.3	Spørreundersøkelse og oppfølgingssamtaler .....	26
3.3.1	Forberedelser .....	26
3.3.2	Caseprosjekter og relevante personer.....	27
3.3.3	Gjennomføring.....	28
3.3.4	Metodekritikk.....	28
3.4	Presentasjon av caseprosjektene.....	29
3.4.1	Nytt Regjeringskvartal (Nytt RKV).....	29
3.4.2	Politiets Nasjonale Beredskapscenter (PNB).....	31
3.4.3	Stavanger Universitetssykehus (SUS).....	33
4	Resultat.....	35
4.1	Metoder for fremdriftsmåling ved hjelp av BIM-modellen .....	35
4.1.1	Metode benyttet på Nytt RKV i forprosjektfasen.....	35
4.1.2	Metode benyttet på PNB i detaljprosjektfasen .....	39
4.1.3	Metode benyttet på SUS i detaljprosjektfasen .....	41
4.2	Fordeler og ulemper knyttet til fremdriftsmåling i BIM.....	43
4.2.1	Fordeler ved bruk av fremdriftsmåling i BIM.....	43
4.2.2	Ulemper ved bruk av fremdriftsmåling i BIM .....	45
4.3	Forbedringsmuligheter og forutsetninger .....	47
4.3.1	Forbedringsmuligheter for fremdriftsmåling i BIM for ulike metoder .....	47
4.3.2	Forutsetninger som må ligge til grunn.....	49
5	Diskusjon .....	51
5.1	Metoder for fremdriftsmåling ved hjelp av BIM-modellen .....	51
5.2	Fordeler og ulemper knyttet til fremdriftsmåling i BIM.....	54
5.2.1	Utfordringer kan løses tidligere og en mer samsvar mellom fagene.....	54
5.2.2	Visualisert fremdrift og mer objektiv fremdriftsmåling.....	54
5.2.3	Bedre kontroll på fremdriften og mer nøyaktig fremdriftsmåling .....	55
5.2.4	Bedre kvalitetssikring i alle faser, men utfordrende med høyt kvalitetsnivå på BIM-objekter.....	55
5.2.5	Manglende erfarings- og kunnskapsnivå og gode verktøy.....	56



5.2.6	Tidsbesparende kontra tidskrevende .....	57
5.3	Forbedringsmuligheter og forutsetninger .....	58
5.3.1	Excel-ark og fasestatus .....	58
5.3.2	MMI-metodikk .....	59
5.3.3	BuildingSmart statuskoder .....	60
5.3.4	Forutsetninger .....	60
6	Konklusjon .....	61
6.1	Metoder for fremdriftsmåling ved hjelp av BIM-modellen .....	61
6.2	Fordeler og ulemper knyttet til fremdriftsmåling i BIM .....	62
6.3	Forbedringsmuligheter og forutsetninger .....	63
7	Referanser .....	64
8	Vedlegg .....	67

## Figurliste

Figur 1: Prosjekteringsfaser .....	4
Figur 2: En typisk organisasjonsplan for et prosjekt med delte entrepriser (Meland, 2000)....	5
Figur 3: Byggherrestyrt samspill (AiN og RIF, 2019).....	8
Figur 4: Entreprenørstyrt samspill (AiN og RIF, 2019).....	8
Figur 5: Prosjektallianse (AiN og RIF, 2019).....	8
Figur 6: Diagram med ulike prosjekteringsmodeller (Wysocki, 2014) .....	9
Figur 7: Eksempel på en PNS for husbygging (Ledelsesspire, 2013).....	11
Figur 8: S-kurve med planlagt verdi (Wysocki, 2014).....	12
Figur 9: S-kurve med planlagt verdi og faktisk verdi (Wysocki, 2014).....	13
Figur 10: S-kurve med planlagt verdi, faktisk verdi og inntjent verdi (Wysocki, 2014) .....	13
Figur 11: Ulike BIM-modeller (Azhar, 2011).....	16
Figur 12: MMI-prosessen med tilhørende MMI-verdier (Fløisbonn, et. al., 2018) .....	18
Figur 13: Beskrivelse av de ulike MMI-verdiene (Fløisbonn, et. al., 2018).....	18
Figur 14: Illustrasjon av A-blokken og Høyblokken på Nytt Regjeringskvartal (COWI, 2018) ..	29
Figur 15: Illustrasjon av Politiets beredskapssenter (Taraldrud info, 2019).....	31
Figur 16: Illustrasjon av Stavanger Universitetssykehus (COWI, 2017) .....	33
Figur 17: Fasenummer benyttet på Nytt RKV .....	36
Figur 18: Statuskoder benyttet på Nytt RKV .....	36
Figur 19: Fremdriftsstatuser benyttet på Nytt RKV .....	37
Figur 20: Utklipp av Nivå 5 - Styringsplan for D-blokken på Nytt RKV .....	38
Figur 21: Kakediagram med beskrivelse av MMI 100 – MMI 500 hentet fra prosjektet PNB .	39
Figur 22: MMI-statuskoder med prosent fremdrift hentet fra prosjektet PNB.....	39
Figur 23: Utklipp av fremdriftsindekstabell desember-februar hentet fra prosjektet PNB ....	40
Figur 24: Illustrasjon av BIM-modell med ulike MMI-statuser for ulike objekter hentet fra prosjektet PNB .....	40
Figur 25: Statuskoder og beskrivelse benyttet på SUS.....	41
Figur 26: Vektet ferdiggrad pr hovedentreprise pr 29.09.19 fra SUS .....	42
Figur 27: Resultat fra spørreundersøkelsen og spørsmål – Hvor enig er du i at BIM gir en mer nøyaktig måling av fremdriften?.....	44
Figur 28: Resultat fra spørreundersøkelsen og spørsmål - Hvor enig er du i at fremdriftsmåling i BIM er mer tidkrevende enn tradisjonelle metoder for å måle fremdrift?	46

## Tabelliste

Tabell 1: Disposisjon.....	3
Tabell 2: Eksempel på en dokument- og leveranseplan hentet fra et av caseprosjektene ....	14
Tabell 3: Prosesstatuskoder fra buildingSmart Norge (buildingSmart, 2017).....	20
Tabell 4: Oversikt over rollene som besvarte spørreundersøkelsen .....	27
Tabell 5: Fakta om prosjektet Nytt Regjeringskvartal (COWI, 2018).....	30
Tabell 6: Fakta om prosjektet Politiets Nasjonale Beredskapssenter (COWI, 2016) .....	32
Tabell 7: Fakta om prosjektet Stavanger Universitetssykehus (COWI, 2017) .....	34
Tabell 8: Verifisering av de ulike sekvensene i prosjektet Nytt Regjeringskvartal.....	37
Tabell 9: Sammenligning av statuskodene som ble benyttet i de tre caseprosjektene .....	52
Tabell 10: Fordeler og ulemper med fremdriftsmåling i BIM.....	62

---

# 1 INTRODUKSJON

---

Introduksjonskapittelet omhandler bakgrunn for masteroppgaven, oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Det redegjøres for avgrensninger og oppgavens disposisjon.

## 1.1 BAKGRUNN

Byggebransjen utvikles jevnlig og de siste årene har digitalisering, nye verktøy og modeller påvirket byggebransjen i stor grad. Samtidig er mye av terminologien fremdeles knyttet til arbeidsmetoder og prosesser som baserer seg på tradisjonell prosjektering uten bygningsinformasjonsmodellering, BIM (Fløisbonn, et al., 2018).

Fremdriftsmåling i prosjekteringsfasen er et godt eksempel der tradisjonelle målinger i stor grad er basert på subjektive vurderinger av fremdriften og individets egen erfaring og preferanser. Dette gir fremdriftsmålingen begrensninger både i forhold til nøyaktighet, konsistens og objektivitet. Mangelen på et rammeverk for å benytte ulike målemetoder basert på objektive og konsistente kriterier har vært en svakhet i byggeprosjekter (Chin, et.al., 2004).

Fremdriftsmålingen fanger heller ikke opp prosjekteringsprosessen i BIM. Modellering i BIM foregår helt fra tidligfase i prosjekteringen og utvikles helt frem til ferdig produkt. Tegninger hentes ut som et resultat av modellen i de prosjektene hvor det skal leveres tegninger i tillegg til modell. Det er derfor viktig og en stor fordel å finne en metode for å måle fremdrift i BIM slik at modelleringsutviklingen tas med i fremdriftsmålingene.

Bakgrunnen for valg av tema er egen og COWIs interesse for fremdriftsmåling i prosjektering og metoder som kan inkludere BIM i målingene. Etter å ha jobbet et år i COWI og prosjektet Nytt Regjeringskvartal der det har vært fokus på fremdriftsmåling i BIM, vekket det interessen for å dokumentere metoder, undersøke nytten for prosjekteringsledelsen og finne forbedringsmuligheter.

Masteroppgaven er en analyse av erfaringer fra informanter i tre ulike caseprosjekter på temaet fremdriftsmåling i BIM.

## 1.2 PROBLEMSTILLING

Hensikten med oppgaven er å kartlegge metoder for fremdriftsmåling i BIM og undersøke nytten av denne type fremdriftsmåling, for prosjekteringsledelsen.

Studiet er basert på tre ulike caseprosjekter innenfor bygge- og anleggsbransjen der det er eller har vært benyttet ulike metoder for å måle fremdrift i BIM-modell.

Med bakgrunn i dette formålet er det definert tre forskningsspørsmål:

- Hvordan og hvor ofte har prosjektene målt og rapportert fremdrift ved hjelp av BIM-modellen?
- Hvilke fordeler og ulemper er knyttet til fremdriftsmåling i BIM?
- Hva kunne vært gjort annerledes i planleggingen og underveis i prosjektet for at fremdriftsmåling i BIM kunne fungert bedre og hvilke forutsetninger må ligge til grunn?

## 1.3 AVGRENSNINGER

Oppgaven omhandler fremdriftsmåling i BIM i forprosjekt og detaljprosjekt. Resultatene baserer seg på informasjon fra nøkkelpersoner i tre caseprosjekter som COWI er med på å prosjektere. Alle nøkkelpersonene har benyttet seg av BIM i ulik grad, til å måle og rapportere fremdrift i caseprosjektene og resultatene baseres på deres erfaring om temaet i tillegg til erfaringer fra tidligere prosjekter.

Oppgaven undersøker hvilke metoder caseprosjektene benytter for å måle fremdrift i BIM og det er disse metodene som legger grunnlaget for oppgaven. Det er ikke valgt å se på andre metoder i tillegg til disse.

De fleste byggeprosjekter i dag benytter BIM i prosjekteringen og byggeprosessen, men få benytter BIM i fremdriftsmålingen. Det er valgt og ikke sammenligne prosjekter som benytter BIM i fremdriftsmåling og prosjekter som ikke gjøre dette, men å undersøke caseprosjekter som benytter fremdriftsmåling i BIM og erfaringene de har tatt med seg.

## 1.4 FORKORTELSER

Det benyttes en del forkortelser i byggebransjen og i oppgaven og disse er forklart nedenfor.

Følgende forkortelser benyttes for roller innenfor prosjekteringsgruppen:

OA/OL: Oppdragsansvarlig/Oppdragsleder

PG: Prosjekteringsgruppe

PGK/PGL: Prosjekteringsgruppekoordinator/Prosjekteringsgruppeleder

DL: Disiplinleder

BIM: Bygningsinformasjonsmodell eller bygningsinformasjonsmodellering

Ordene *disiplin* og *fag* brukes begge for de prosjekterende som utfører rådgivende ingeniørtjenester og prosjektering. Nedenfor er en forklaring av forkortelsen til disipliner og fag som benyttes i oppgaven:

ARK: Arkitekt

LARK: Landskapsarkitekt

RIB: Rådgivende ingeniør bygg

RIV: Rådgivende ingeniør varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk (VVS)

RIVA: Rådgivende ingeniør vann og avløp

RIE: Rådgivende ingeniør elektro

RIEn: Rådgivende ingeniør energi

RIG: Rådgivende ingeniør geoteknikk

## 1.5 DISPOSISJON

Masteroppgaven består av 6 kapitler og en forklaring til de ulike kapitlene er gitt i tabell 1.

Tabell 1: Disposisjon

Kapittel	Navn	Beskrivelse
1	Introduksjon	Kapittelet tar for seg oppgavens innledning, bakgrunn, problemstilling, avgrensninger, forkortelser og disposisjon
2	Teori	Her presenteres relevant litteratur som legger grunnlag for studien og senere diskuteres i kapittel 5.
3	Metode	Kapittelet tar for seg ulike forskningsmetoder, valg av metode og begrunnelse. I tillegg til en beskrivelse av caseprosjektene.
4	Resultat	Her presenteres funn fra spørreundersøkelsen og samtaler med informantene i caseprosjektene for hvert av de tre forskningsspørsmålene.
5	Diskusjon	I dette kapittelet diskuteres resultatene opp mot relevant teori og egen erfaring og kunnskap.
6	Konklusjon	Kapittelet inneholder konklusjon for de tre forskningsspørsmålene.

## 2 TEORI

---

### 2.1 PROSJEKTERINGSFASER I BYGGEPROSJEKTER

Prosjekteringsfasen deles gjerne inn i skisseprosjekt, forprosjekt og detaljprosjekt. Hva som inkluderes i de ulike fasene er avhengig av blant annet entreprisform, men hovedforskjellen på de ulike fasene er beskrevet nedenfor.



Figur 1: Prosjekteringsfaser

#### 2.1.1 Skisseprosjekt

I skisseprosjektet legges grunnlaget for arkitektur og design og prosjektprogrammet blir realisert gjennom de første beregningene og tegningene. Tekniske krav blir som regel utviklet på et overordnet nivå med tilhørende LCC-beregninger som baseres på erfaringstall. Det er vanlig å utvikle alternative løsninger i et skisseprosjekt med tilhørende LCC-beregninger slik at bruker eller oppdragsgiver får levert valgmuligheter (Difi, Anskaffelser, 2019-a).

#### 2.1.2 Forprosjekt

I forprosjektet videreutvikles funksjonelle og tekniske løsninger og alternativer fra skisseprosjektet til et mer detaljert nivå. Brukermedvirkningen blir ofte mer reell ettersom prosjektet blir mer detaljert og det er vanlig å ha faste møteserier med brukerne. Et ferdig forprosjekt har gjerne forslag til vedtak som legges frem for politisk behandling. Hvis beslutningen blir å videreføre prosjektet slik det foreligger går prosjektet over til detaljprosjekt (Difi, Anskaffelser, 2019-b).

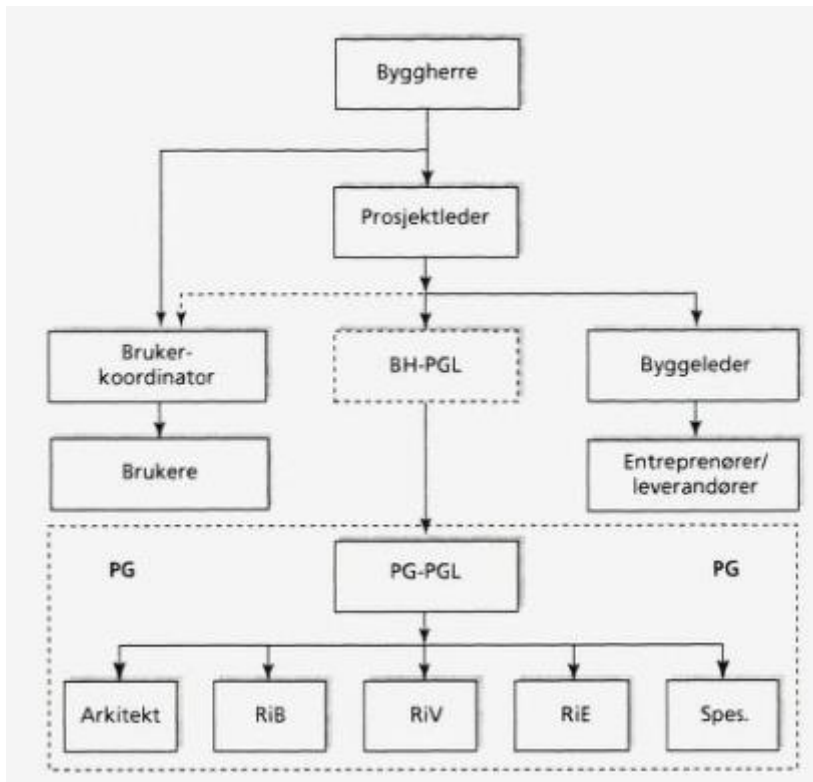
#### 2.1.3 Detaljprosjekt

Tidspunkt for utarbeidelse av konkurransegrunnlag til entreprenørene avhenger av entreprisform. Det kan gjøres i forprosjektet, mellom forprosjekt og detaljprosjekt eller i detaljprosjektet. Grunnlaget benyttes i konkurransen mellom entreprenørene og etter endt konkurranse er entreprenørene valgt. Neste fase er utarbeidelse av arbeidsgrunnlag til entreprenørene og dette foregår i detaljprosjektet. Det er vanlig at byggingen starter underveis i detaljprosjektet (Difi, Anskaffelser, 2019-c).

De ulike fasene kan ha glidende overganger og i store prosjekter kan noen av entreprisene være i detaljprosjekt, mens andre entrepriser fremdeles er i forprosjekt. Det er også vanlig at det utarbeides flere skisse- og forprosjekter før det blir vedtatt å gå videre på detaljprosjekt.

## 2.2 PROSJEKTERINGSORGANISASJONEN - ROLLER OG FAG

Prosjekteringsgruppen er som regel underordnet en byggherre eller totalentreprenør, avhengig av entrepriseform. Figuren nedenfor viser et eksempel på en organisasjonsplan ved delte entrepriser. Forkortelsen «PG» står for prosjekteringsgruppe og figur 2 illustrerer hvor i organisasjonen prosjekteringsgruppen befinner seg i dette tilfellet.



Figur 2: En typisk organisasjonsplan for et prosjekt med delte entrepriser (Meland, 2000)

Meland skriver at «prosjekteringsorganisasjonen har ansvaret for å utvikle det immaterielle produktet som legges til grunn for produksjon, bruk og videreutvikling av bygningen» (Meland, 2000). I dag er det immaterielle produktet som prosjekteringsgruppen leverer ofte en kombinasjon av en komplett BIM-modell, tegninger, rapporter og notater som utgjør et helhetlig og sammensatt sett av flerfaglige løsninger.

Prosjekteringsorganisasjonen består som regel av følgende (Meland, 2000):

- Arkitekt: Det er vanlig at arkitekt har en dominerende rolle i PG og de har ansvar for byggets helhet og design av byggets synlige komponenter.
- RiV: Rådgivende ingeniør VVS-teknikk har ansvar for å prosjektere byggets tilførsel og avtak av ventilasjon, varme og vann/kloakk.
- RiE: Rådgivende ingeniør elektroteknikk har ansvar for å prosjektere byggets tilførsel av elektrisitet til prosesser, lys og varme og kommunikasjonsanlegg som for eksempel data- og heisanlegg.
- RiB: Rådgivende ingeniør byggeteknikk har ansvar for å prosjektere byggets bærende konstruksjoner og velge konstruksjonsprinsipp og -materialer.
- Andre spesialrådgivere som for eksempel brann-, energi- og sikkerhetsrådgivere.



- Prosjekteringsleder eller prosjekteringsgruppeleder leder og representerer prosjekteringsorganisasjonen ovenfor byggherreorganisasjonen. Avhengig av størrelsen på prosjektet og prosjekteringsorganisasjonen kan det være en person som påtar seg denne rollen eller det kan være flere personer som deler ansvaret og oppgavene til en prosjekteringsgruppeleder.

Etter at BIM ble implementert i prosjekteringen og modellering har tatt mer og mer over prosjekteringshverdagen har prosjektorganiseringen også utviklet seg. I forbindelse med oppstart og organisering av et prosjekt er det viktig å avklare hva BIM skal benyttes til og i hvilken grad. På den måten kan prosjekteringsledelsen i samarbeid med relevante personer i organisasjonen legge til rette ved å organisere med tilstrekkelige BIM-roller, utarbeide BIM-strategi, etablere BIM-manualer og velge BIM-verktøy (RIF, 2015).

I et stort prosjekt med BIM-modell som en del av leveransen er det vanlig å ha en BIM-ansvarlig pr disiplin og en tverrfaglig BIM-koordinator. Prosjektene er som regel helt avhengig av disse rollene for å lykkes med modellering, koordinering og BIM-leveranser.

## 2.3 ENTREPRISEFORMER

Det som skiller de ulike entrepriseformene fra hverandre er i all hovedsak hvordan risiko fordeles mellom byggherre og entreprenør. Tidligere har total- og utførelsesentrepriser vært mest brukt, men de siste årene har samspillsentrepriser blitt mer og mer benyttet. Nedenfor beskrives kort de ulike entrepriseformene (Byggordboka, 2018).

### 2.3.1 Totalentreprise

Ved en totalentreprise har totalentreprenøren ansvar for både prosjektering og utførelse og sitter dermed med også med risikoen for prosjekteringen.

Det finnes ulike modeller for en totalentreprise avhengig av oppdeling og prosjekteringsfordeling (Byggordboka, 2018):

- Klassisk totalentreprise: Her står totalentreprenøren for hele prosjekteringen og inngår kontrakt om både prosjektering og bygging.
- Modifisert totalentreprise: Ved en modifisert totalentreprise har byggherren i samarbeid med egne rådgivere utført en betydelig del av prosjekteringen når avtalen inngås med totalentreprenøren.
- Hel og delt totalentreprise: Det kan være tilfeller der totalentreprenøren ikke dekker hele byggeprosessen og at det inngås delte totalentrepriser for eksempel ved å skille ut tekniske entrepriser i egne totalentreprisekontrakter (Byggordboka, 2018).

### 2.3.2 Utførelsesentreprise

I motsetning til en totalentreprise er det byggherren som har hovedansvar for prosjekteringen ved en utførelsesentreprise. Byggherren inngår kontrakter for prosjektering med arkitekter og rådgivere og koordinerer disse.

Det finnes tre ulike modeller av utførelsesentrepriser der forskjellen er hvor mye ansvar byggherren tar for koordinering av entreprenør og fremdrift (Byggordboka, 2018):

- Delte entrepriser: Ved delte entrepriser inngår byggherren egne kontrakter med hver entreprenør og ved noen tilfeller inngås det en avtale med en av entreprenørene om koordinerings- og fremdriftsansvar.
- Hovedentreprise: Her inngår byggherren kontrakt med en hovedentreprenør som har ansvar for et visst antall fag og egne kontrakter for resterende entrepriser.
- Generalentreprise: I en generalentreprise inngår Byggherren enten kontrakt med én generalentreprenør som har ansvaret for hele utførelsen, eller så inngås det egne kontrakter med enkelte fag som tiltransporteres generalentreprenøren (Byggordboka, 2018).

### 2.3.3 Samspillsentreprise

En samspillsentreprise kan ses på som en moderne form for totalentreprise. Idéen bak denne type entreprisform er at alle involverte parter skal delta sammen om å utvikle prosjektet (Byggordboka, 2018).

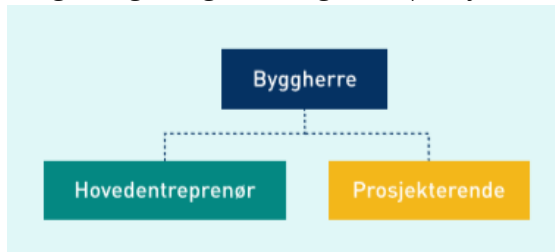
Det kontraheres en samspillsgruppe bestående av prosjekterende og utførende som sammen har ansvar for prosjektering frem mot en omforent målpris. Det finnes også ulike varianter av denne type entreprisform (Difi, Anskaffelser, 2018).

- Samspill til totalentreprise: Her samarbeider byggherre, brukere, entreprenører, prosjekterende og eventuelt forvaltere fra programmeringsfasen frem til et forprosjekt med målpris. Deretter skrives en totalentreprisekontrakt og samspillsgruppen tar over ansvaret for utviklingen av prosjektet.
- Samspill til incitament: Her samarbeider byggherre, brukere, entreprenører, prosjekterende og eventuelt forvaltere fra programmeringsfasen frem til et forprosjekt med målpris. Videre arbeid utføres som regningsarbeid der over- eller underskridelser av målpris fordeles etter avtalen.
- Offentlig Privat Samarbeid – OPS: Ved et slikt samarbeid bidrar et OPS-selskap med prosjektering, utførelse og i tillegg eierskap og/eller drift i en periode (Difi, Anskaffelser, 2018).

Høsten 2019 ga Rådgivende Ingeniørers forening (RIF) og Arkitektbedriftene i Norge (AiN) ut en veileder som beskriver forskjellige varianter av samspillskontrakter med fordeler og ulemper. Målgruppen er byggherrer, prosjektleder- og rådgiverfirmaer og formålet med veilederen er å bidra til utvikling av samarbeidsformene for å oppnå balansert måloppnåelse og dermed en større sannsynlighet for suksess-prosjekter.

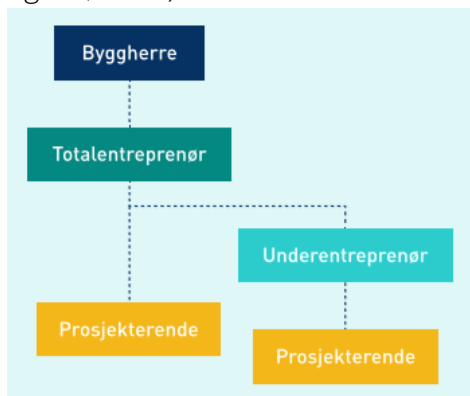
I veilederen presenteres tre ulike samspillsmodeller (AiN og RIF, 2019).

- Byggherrestyrt samspill: Her har byggherren separate kontrakter med rådgivere og entreprenør som illustrert i figur 3. Byggherren styrer og koordinerer samspillet og har hovedansvaret for prosjektering og valg av løsninger, på samme måte som i en utførelsesentreprise. Entreprenørene og de prosjekterende samarbeider om rådgivningen og utviklingen av prosjektet (AiN og RIF, 2019).



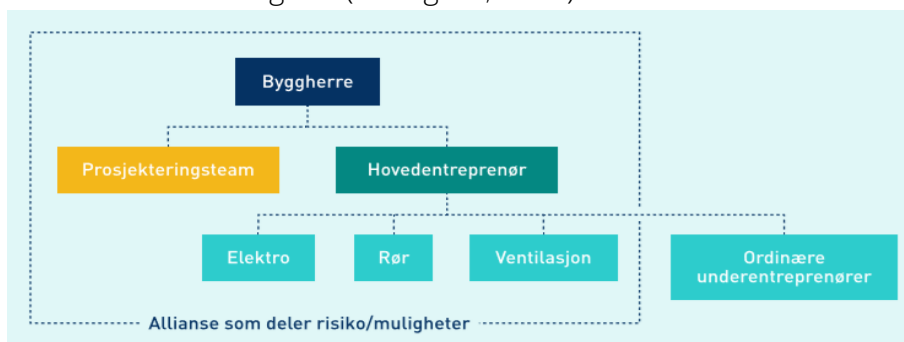
Figur 3: Byggherrestyrt samspill (AiN og RIF, 2019)

- Entreprenørstyrt samspill: I denne modellen har byggherren kun kontrakt med entreprenør og rådgiverne har kontrakt med totalentreprenøren. Byggherrens rolle er i hovedsak å ivareta prosjektets funksjonskrav og ta beslutninger fortløpende. På samme måte som i en totalentreprise har entreprenøren hovedansvaret for valg av løsninger og prosjektering. De inngår kontrakter med rådgivere og arkitekter og har ansvaret for fremdrift, koordinering og grensesnitt mellom de ulike entreprisene (AiN og RIF, 2019).



Figur 4: Entreprenørstyrt samspill (AiN og RIF, 2019)

- Prosjektallianse: Her er byggherren, entreprenør og rådgiver alle parter i en felles kontrakt slik at ansvar og risiko for prosjektets mål er delt på alle de sentrale leverandørene. Se figur 5 (AiN og RIF, 2019).



Figur 5: Prosjektallianse (AiN og RIF, 2019)

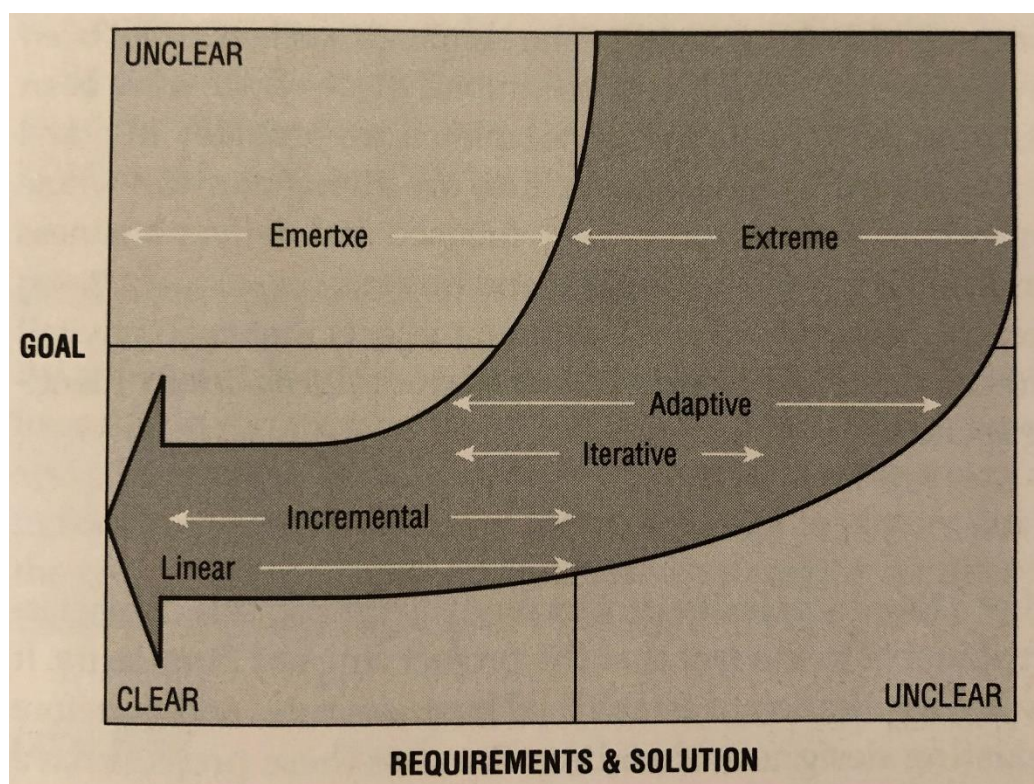
## 2.4 PROSJEKTGJENNOMFØRINGSMODELL

En modell som definerer kontrollporter og faser for gjennomføring av et prosjekt kalles en prosjektgjennomføringsmodell. Det er vanlig at organisasjoner som arbeider mye med prosjekter utvikler sine egne prosjektgjennomføringsmodeller som utgjør et rammeverk med beste praksis dokumenter og verktøy. På denne måten kan prosjektene i organisasjonen gjennomføres på en mer forutsigbar måte (Snl, 2019).

En gjennomføringsmodell for et byggeprosjekt defineres gjennom kontraktene mellom partene og i forarbeidet med disse. Det finnes mange ulike gjennomføringsmodeller og disse fremkommer når ulike entrepriser- og kontraktsformer, vederlagsformer, kontraheringsstrategier og organiseringsmodeller kombineres (Meland, 2000).

Overordnet kan man skille mellom sekvensielle og iterative prosjektgjennomføringsmodeller. Innenfor bygg- og anleggsbransjen er det mest vanlig å basere prosjektgjennomføringsmodeller på sekvensielle faser (Snl, 2019).

Wysocki (2014) viser at en sekvensiell prosjektgjennomføringsmodell har både klare krav og mål som illustrert i figur 6.



Figur 6: Diagram med ulike prosjekteringsmodeller (Wysocki, 2014)

## 2.5 FREMDRIFTSSTYRING

Fremdriftsstyring handler om å følge opp fremdriften på aktiviteter i fremdriftsplanen underveis i prosjektet og sammenligne dette med planlagt og opprinnelig fremdriftsplan. Fremdriftsplanen er derfor et viktig element i fremdriftsstyringsprosessen. Den kan presenteres i ulike detaljnivåer, men en fremdriftsplan gir som regel en oversikt over prosjektets faser, milepæler og aktiviteter og sammenhengen mellom disse (ProsjektNorge, u.d.-a).

Hensikten med planleggingen og etablering av fremdriftsplan er blant annet å koordinere aktiviteter og ressurser over tid slik at man har noe å måle mot for å kontrollere at mål nås og rammer overholdes. Prosjekteringslederen har ansvar for å følge opp, måle og kontrollere fremdriften og rapportere dette videre (Meland, 2000).

For å måle eller styre fremdriften underveis innhentes fremdrift og informasjon på alle aktiviteter som vil gi et bilde av fremdriften i prosjektet. Det gir også mulighet for å identifisere slakk og kritisk vei (ProsjektNorge, u.d.-a).

Resultatet av fremdriftsstyringen samles gjerne i en framdriftsrapport.

Fremdriftsrapportering gjøres for å gi de sentrale interessentene i prosjektet informasjon om hvordan fremdriften i prosjektet er (ProsjektNorge, u.d.-b).

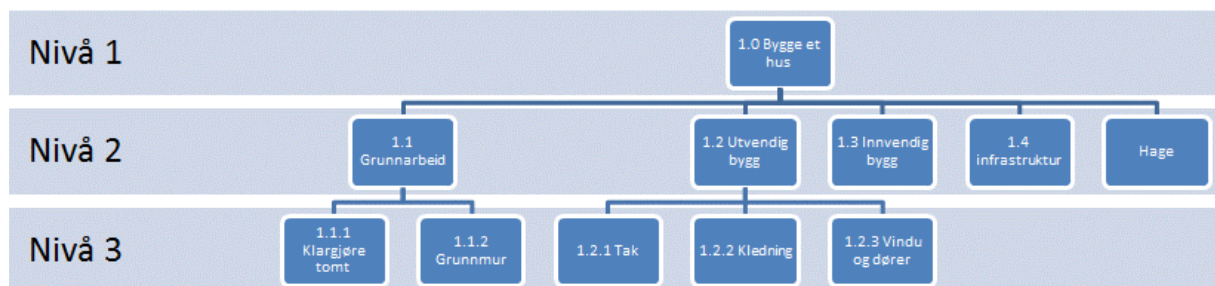
### 2.5.1 PNS og KTR

Prosjektnedbrytningsstruktur (PNS) brukes ofte for å strukturere planleggingsprosessen. Planlegging av fremdrift og tid er en av de sentrale oppgavene til prosjekteringsledelsen og PNS kan da være et godt hjelpemiddel (Meland, 2000).

En PNS er en systematisk oppdeling av et prosjekt og en gjennomarbeidet PNS vil derfor være til stor hjelp for å lage god fremdriftsplan. Når en PNS utarbeides defineres de største delene av et prosjekt før disse deles opp i mindre og mindre deler helt til man er nede på aktivitetsnivå med konkrete oppgaver (Hinze, 2011).

PNS-ens detaljeringsgrad og antall nivåer avhenger blant annet av prosjektets størrelse og kompleksitet, men detaljeringsnivået vil alltid øke nedover for hvert nivå. Elementene i det laveste nivået i PNS-en kalles ofte arbeidspakker eller leveransepakker og er det mest detaljerte nivået for kostnads- og fremdriftsrapportering. En arbeidspakke er ofte så smalt definert at den kan gjennomføres av en ressurs innen en rimelig tidshorison. En PNS kan fremstilles både i diagramformat og i listeforamt (Gardiner, 2005).

Hvordan prosjektet brytes ned i aktiviteter/arbeidspakker varierer fra prosjekt til prosjekt og må velges ut fra hva som er mest naturlig og fornuftig. Det kan for eksempel deles opp etter fagområder, produkter eller geografiske områder. Uavhengig av hvordan man velger å dele opp prosjektet skal PNS-en gi en oversikt over hele arbeidsomfanget. I figur 7 illustreres et eksempel på en enkel PNS for husbygging (Ledelsesspire, 2013).



Figur 7: Eksempel på en PNS for husbygging (Ledelsesspire, 2013)

KTR-ark benyttes gjerne for hver enkelt arbeidspakke i PNS-en. KTR står for Kost, Tid og Ressurs og et KTR-ark beskriver hva arbeidspakken vil koste, når det skal utføres og antall timer samt ressurser. I tillegg beskrives arbeidsomfang, resultater og ansvarlig for hvert enkelt element i prosjektnedbrytningsstrukturen. I praksis kan alle KTR-arkene samles sammen i en katalog å utgjøre et viktig styringsverktøy for prosjektet (Ledelsesspire, 2013).

Disse benyttes både under planlegging og oppfølging av et prosjekt og i løpet av prosjekteringen vil skjemaene revideres periodisk i forbindelse med baseline. Et prosjekt har ofte flere baseliner (1, 2, 3 osv.) som er en revisjon av plandokumenter som følge av godkjente omfangsendringer. Det gjør det mulig å skille mellom opprinnelig og gjeldene plandokumenter (Rolstadås, 2011).

## 2.6 FREMDRIFTSMÅLING – TRADISJONELLE METODER

Å måle fremdrift i et prosjekt bidrar til god kontroll og grunnlag for å beregne avvik i forhold til planlagt og virkelig fremdrift og kostnad. Dette gir samlet god styringsinformasjon for prosjekteringsleder (Rolstadås, 2011). Nedenfor beskrives metodene for inntjent verdi og dokument- og tegningslister som er vanlige metoder å benytte for å måle og rapportere fremdrift i prosjekteringsprosessen.

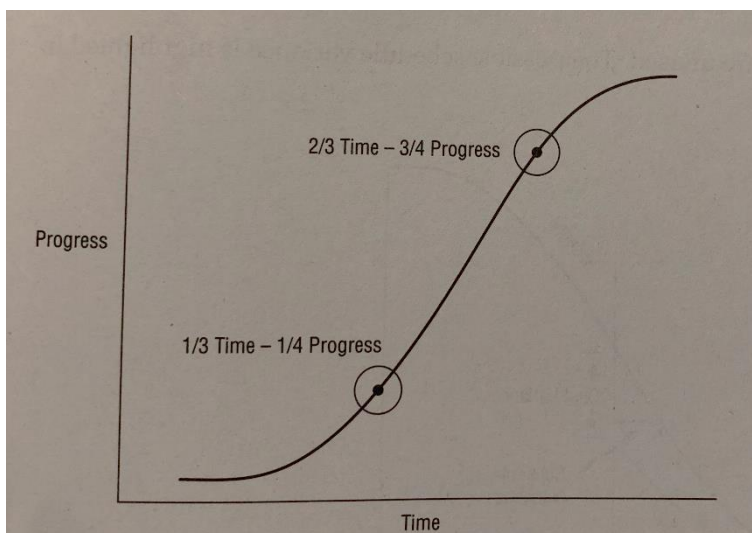
### 2.6.1 Inntjent verdi

Hensikten med inntjent verdi er som med all fremdriftsmåling nemlig å sammenligne planlagt og faktisk utført arbeid. Inntjent verdi eller Earned Value Analysis (EVA) er en mye brukt metode innenfor byggeprosjekter, for prosjektoppfølgning. Hovedprinsippet med EVA er å sammenligne verdien av utført arbeid med planlagt arbeid og faktisk kost. Teknikken baserer seg på at det utarbeides budsjett og fremdriftsplan basert på en tidslinje og at faktisk fremdrift sammenlignes med denne planen gjennom hele prosjektet (Gardiner, 2005)

#### 2.6.1.1 Planlagt-, inntjent- og faktisk verdi

Det benyttes tre ulike verdier for å måle fremdrift basert på inntjent verdi. Det er planlagt verdi (PV), inntjent verdi (IV) og faktisk verdi (FV).

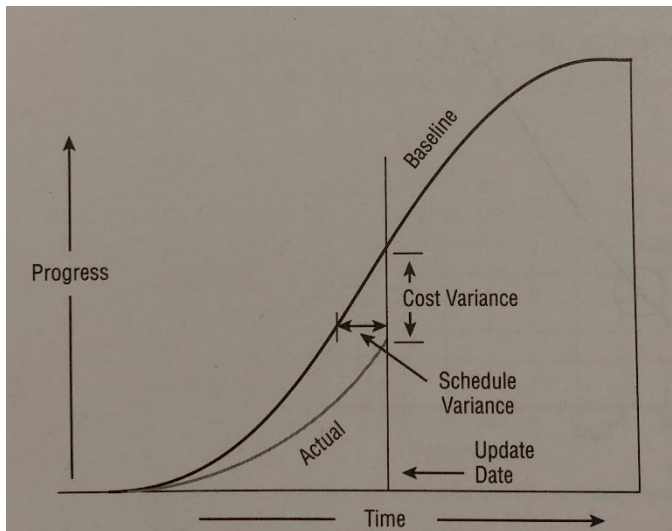
Planlagt verdi utgjør referanseverdien basert på original fremdriftsplan og første baseline. Referanseverdien kan uttrykkes både i timer og kostnad og en vanlig visualiseringsform er en såkalt S-kurve (Wysocki, 2014).



Figur 8: S-kurve med planlagt verdi (Wysocki, 2014)

Etterhvert som faktisk verdi innhentes kan verdiene legges til som en kurve i diagrammet slik at det enkelt visualiserer hvordan prosjektkostnadene ligger an i forhold til planlagt verdi. Hvis FV-kurven ligger under PV-kurven vil det si at omfanget er utført under budsjett eller at oppgaver som skulle vært utført på dette tidspunktet enda ikke er utført og at det derfor har påløpt mindre kostnader enn planlagt (Wysocki, 2014). Dette er illustrert i figur 9 nedenfor.

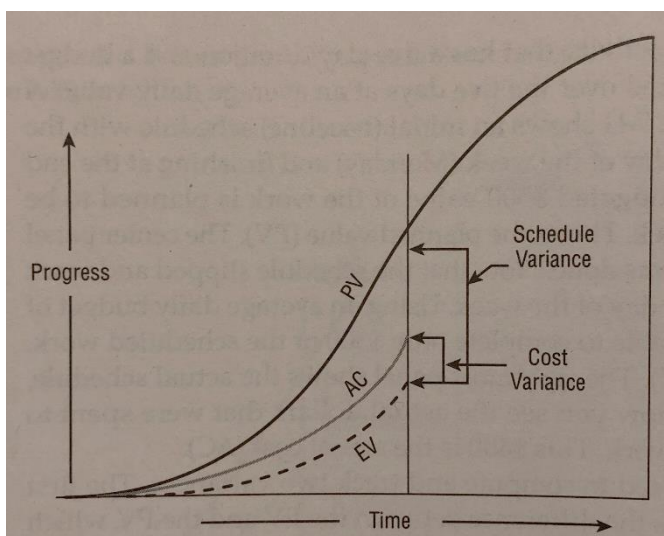




Figur 9: S-kurve med planlagt verdi og faktisk verdi (Wysocki, 2014)

Ved å legge inn verdier for inntjent verdi i S-kurven kan man illustrere både fremdriftsavvik og kostnadsavvik. Fremdriftsavvik er differansen mellom inntjent verdi og planlagt verdi, mens kostnadsavvik er differansen mellom inntjent verdi og faktisk verdi.

Figur 10 viser et eksempel på en S-kurve der både PV, IV og FV er illustrert. Det viser et fremdriftsavvik der noe av arbeidet som var planlagt ikke er utført i tillegg til et kostnadsavvik der faktisk verdi er høyere enn inntjent verdi (Wysocki, 2014).



Figur 10: S-kurve med planlagt verdi, faktisk verdi og inntjent verdi (Wysocki, 2014)



### 2.6.1.2 Fremdriftsindeks og kostnadsindeks

PV, IV og FV kan også benyttes til å beregne fremdriftsindeks (SPI) og kostnadsindeks (CPI). Fremdriftsindeksen sier noe om hvor effektivt prosjektet utnytter avsatt tid og defineres som forholdstallet mellom inntjent og planlagt verdi (IV/PV). En SPI-verdi større enn 1 tilsier at prosjektet er foran planlagt fremdrift, mens et prosjekt som ligger bak fremdriftsplanen har en SPI-verdi mindre enn 1 (Wysocki, 2014).

Kostnadsindeksen sier noe om hvor effektivt prosjektets ressurser utnyttes og defineres som forholdstallet mellom inntjent og faktisk verdi (IV/FV). En CPI-verdi over 1 indikerer at prosjektet har brukt mindre enn budsjettet på utført arbeid, mens en CPI-verdi under 1 indikerer en budsjettoverskridelse (Wysocki, 2014).

Disse indeksene er en enkel og intuitiv analyse og mange ledere foretrekker disse analyse nettopp på grunn av dette (Wysocki, 2014).

### 2.6.2 Dokument- og leveranseplan

En dokument- og leveranseplan gir en oversikt over planlagte dokumenter og tegninger som skal leveres i et prosjekt og benyttes ofte i fremdriftsmåling. Ved å definere leveransene i en plan legges grunnlaget for at prosjekteringen skal kunne oppfylle krav som stilles til leveranser, kvalitet og fremdrift. Dokument- og leveranseplanen detaljeres og endres etterhvert som prosjektet utvikles og det er viktig at planen brukes til å kontrollere fremdriften å sjekke at leveransene er i henhold til plan underveis i prosjektet (BA2015, 2016).

Planen kan inneholde informasjon om budsjettet timeforbruk og faktisk timeforbruk, planlagte og faktiske datoer for start, kontroller og utsendelse for hvert dokument eller tegning og prosent fullført. Ved å på forhånd sette subjektive prosentverdier for fremdriften for de ulike stegene i planen og følge opp datoene kan få et bilde av fremdriften i prosjektet, men da med grunnlag på dokumenter og tegninger.

I dag foregår mye av prosjekteringsarbeidet i modeller med utvikling av løsninger og metoder som ikke inngår i vanlig dokument- og tegningsproduksjon. Fremdriften i en leveranseplan er dermed ikke tilstrekkelig for oppfølging av fremdrift og fremdriftsrapportering alene. Det kan uansett være nyttig og fornuftig å måle fremdriften på dokumenter- og tegninger, men da i tillegg til annen fremdriftsmåling. Tabell 2 viser et eksempel på en dokumentliste.

Tabell 2: Eksempel på en dokument- og leveranseplan hentet fra et av caseprosjektene

Dokument- navn	Time- forbruk	Fremdrift (%)	Planlagt start	Virkelig start	Planlagt Side- manns- kontroll	Virkelig Side- manns- kontroll	Planlagt slutt	Virkelig slutt

### **2.6.3 Svakheter ved bruk av tradisjonelle metoder**

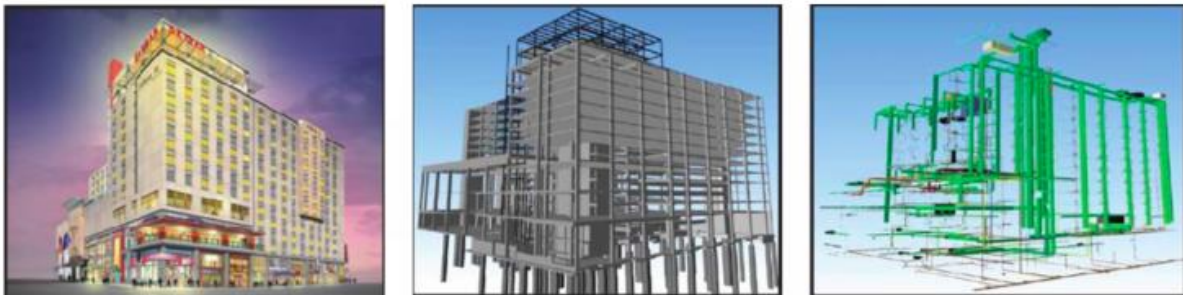
Tradisjonelle metoder for å måle fremdrift er i stor grad basert på subjektive vurderinger av fremdriften og individets egen erfaring og preferanser. Dette gir fremdriftsmålingen begrensinger både i forhold til nøyaktighet, konsistens og objektivitet. Mangelen på et rammeverk for å benytte ulike målemetoder basert på objektive og konsistente kriterier har vært en svakhet i byggeprosjekter (Chin, et.al., 2004).

I tillegg inkluderer noen tradisjonelle metoder i liten grad arbeidet som foregår i modell og utviklingen av denne, noe som i virkeligheten utgjør store deler av prosjekteringsarbeidet og sluttleveransen.

## 2.7 BIM

BIM er en forkortelse for Building Information Modeling eller Bygningsinformasjonsmodellering. BIM-teknologien brukes blant annet til å lage virtuelle modeller av bygninger og bidrar til en digitalisering av prosjekteringen (Eastman, et. al., 2011).

En bygningsinformasjonsmodell kan inneholde informasjon fra flere interessenter som for eksempel eier, ingeniører, leverandører, arkitekter og entreprenører. Alle som er involvert i prosjektet kan bruke modellen til blant annet å endre eller hente ut informasjon og data. Figur 11 viser eksempel på en arkitektmodell til venstre, en råbygg/strukturmodell i midten og en teknisk modell til høyre (Azhar, 2011).



Figur 11: Ulike BIM-modeller (Azhar, 2011)

Tradisjonelt har byggebransjen benyttet to- og tre-dimensjonale snitt- og plantegninger for å skildre en bygning. Hvis det var behov for å endre en tegning kunne det kreve endring på tilstøtende tegninger for at sammenhengen skulle stemme. Dette ble ikke oppdatert automatisk, men måtte gjøres manuelt og det krevde en betydelig innsats for å implementere en liten endring (Fakhimi et al., 2017). Dette problemet løses ved å benytte en BIM-modell der tegninger kan hentes direkte ut fra modellen og objektene henger sammen mellom etasjene.

BIM kan bidra til å senke prosjekteringskostnadene, øke kvaliteten og produktiviteten og har derfor et stort potensial innenfor byggebransjen. Modellene kan inneholde presis og relevant geometri og data for hele bygningens livssyklus, fra prosjektering og planlegging til bygging og drift. BIM betyr ikke bare bruk av tredimensjonale modeller, men også er forandring i arbeidsmetode og prosjektleveranseprosesser (Azhar, 2011).

BIM er en felles plattform for alle fagene og oppdateres kontinuerlig slik at alle fag har riktig prosjekteringsunderlag og informasjon til enhver tid. En kontinuerlig oppdatering av BIM-modellen avhenger av at alle fagene benytter samme programvare fra samme leverandør i prosjekteringen. Hvis fagene benytter forskjellig programvarer kan modellene lagres i filformatet IFC. IFC er et internasjonalt og åpent filformat som kan benyttes på bygningsmodeller, dette kalles åpenBIM. IFC brukes blant annet til helhetlig koordinering og sammenstilling av ulike fagmodeller og benyttes gjerne parallelt med BIM (Byggeindustrien, 2016). I de største prosjektene stilles det som regel krav til aktørene om bruk av åpenBIM og for å klare og rapportere og visualisere fremdriften i BIM for alle fag er man avhengig av at dette benyttes.

Bruk av BIM gir en rekke fordeler og kan brukes til mengdeuttak, beregninger som for eksempel belastningsberegninger, kostnadsestimering og enkle oppdateringer av dette når endringer gjøres i modellen, kollisjonskontroller og ikke minst ta ut tegninger direkte fra modellen (Azhar, 2011).

## **2.8 FREMDRIFTSMÅLING I BIM**

Byggebransjen er i en stadig endring og mer og mer av prosjekteringen digitaliseres blant annet gjennom BIM. Det har blitt et høyere krav til detaljeringsgrad som følge av totalentrepriser og i mange av fasene i et byggeprosjekt går størstedelen av prosjekterings timeantall med til modellering. Den siste tiden har det derfor blitt et økt fokus på å måle fremdriften i BIM. I kommende delkapitler beskrives to ulike metoder som beskriver modenheten til objekter i BIM-modellen.

### **2.8.1 MMI**

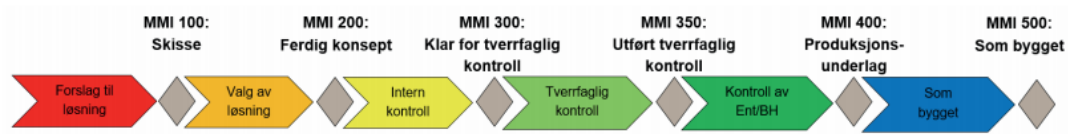
I oktober 2018 lanserte RIF, Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg (EBA) og Arkitektbedriftene i Norge (AiN) sammen en felles tverrfaglig veileder for BIM-leveransen kalt «MMI – Modell Modenhets Indeks». Dokumentet ble laget med det formål om å beskrive et felles standardisert språk eller en benevnelse på ferdiggraden av objektene i BIM. Bransjen benytter fremdeles terminologi som baseres på tradisjonell prosjektering uten BIM, som for eksempel arbeidstegninger, skisser osv. Men i virkeligheten hentes detaljerte objekter fra et bibliotek allerede i skisseprosjektet og kan fremstå med en høyere ferdiggrad enn det de er i forhold til prosjekteringsprosessen (Fløisbonn, et. al., 2018).

MMI er omforente tallkoder som beskriver objektenes modningsgrad i BIM-modeller, både når det gjelder informasjonsinnhold og geometri. Tidligere har LOD blitt benyttet med samme formål, men det har vært knyttet stor usikkerhet rundt begrepet da det har blitt benyttet ulike tilnærminger med relativt like betydninger som for eksempel «Level Of Development» og «Level Of Detail» (Fløisbonn, et. al., 2018).

Ved hjelp av MMI vil man kunne styre prosjekteringsforløpet på en måte som er mer BIM-relatert ved å planlegge hvilken verdi av MMI de ulike objektene skal til ulike tidspunkter i prosjekteringen. Dette vil også øke forståelsen mellom de ulike fagene og forenkle kommunikasjonen i gjennomføringen av prosjekteringsprosessen.

For å få til en god prosess for BIM må derfor modelleringskrav for hver disiplin bli definert per fase gjennom hvilke objekter som skal modelleres og MMI-verdi for disse. Ulike fag har ulik detaljeringsgrad for ulike faser. For eksempel har RIB og ARK en tidligere og mer detaljert BIM-modell enn det de tekniske fagene har (Fløisbonn, et. al., 2018).

Figur 12 og 13 viser henholdsvis MMI-prosessen og prosjekteringsaktivitetene som leder frem til de ulike MMI-verdiene.



Figur 12: MMI-prosessen med tilhørende MMI-verdier (Fløisbonn, et. al., 2018)

### MMI 100: Skisse

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

### MMI 200: Ferdig konsept

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

### MMI 300: Klar for tverrfaglig kontroll

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

### MMI 350: Utført tverrfaglig koordinering

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

### MMI 400: Produksjonsunderlag

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

### MMI 500: Som bygget

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

### Prosjektilpasning av MMI

Eventuell etablering av MMI-verdier mellom de definerte hovedverdiene bør vurderes av det enkelte prosjekt.

Figur 13: Beskrivelse av de ulike MMI-verdiene (Fløisbonn, et. al., 2018)

I dokumentet finnes også et eksempel på en detaljert beskrivelse av krav til objektenes geometri og informasjon for hver MMI-verdi.

MMI-veilederen skriver at det er mest hensiktsmessig å planlegge modenheten i form av soner eller definerte områder i prosjektet. Det er de prosjekterende som tagger objektenes MMI-verdi fortløpende gjennom prosjekteringen (Fløisbonn, et. al., 2018).

MMI kan altså være til hjelp for å måle fremdrift i BIM-modellen ved å se hvilke objekter som har oppnådd den planlagte MMI-verdien ved et gitt tidspunkt. Man kan velge å dele inn modellen i soner og kontrollere modenheten per sone. Alternativt kan man måle på objektnivå.

Nøkleby (2018) understreker i sin avhandling viktigheten av å måle modenhet per sone fremfor på objektnivå. Han hevder at dette er en forutsetning for å oppnå en vellykket måling av modenhet i modellen. er å måle på større soner.








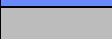


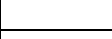










Han skriver videre at sonene eller seksjonene kan defineres ut ifra leveransepakke i PNS-en per prosjektdisiplin (Nøkleby, 2018).

## 2.8.2 Statuskoder fra BuildingSmart

I 2014 kom BuildingSmart Norge ut med et sett koder for prosessstatus. Kodene har ulike farger som brukes til å skille objektenes status fra hverandre i modell. Prosessstatusene beskriver objektenes grad av etablerbarhet og kan knyttes til objekter enten som egenskap eller klassifikasjon (buildingSmart, 2017).

Tabell 3 nedenfor viser de ulike prosessstatuskodene med tilhørende forklaring og farge. Kodene innenfor PS1 gjelder for prosjektering og det er disse kodene som er relevante i prosjekteringsfasen.

Tabell 3: Prosessstatuskoder fra buildingSmart Norge (buildingSmart, 2017)

Status Process Code	Prosesstatusnavn - Norwegian	Color	RGB Color Code
<b>PS0</b>	<b>Generelt</b>		
PS01	Fryst = Endring ikke tillatt		255, 0, 0
PS02	Hold = Beslutning avventer informasjon		255, 235, 7
<b>PS1</b>	<b>Prosjektering</b>		
PS11	Etablert		255, 125, 125
PS12	Klart for Disiplinkontroll		81, 251, 255
PS13	Godkjent Disiplinkontroll		255, 193, 54
PS14	Klart for Tverrfaglig Kontroll		238, 95, 187
PS15	Godkjent Tverrfaglig Kontroll		0, 226, 0
PS16	Klart for Tredjepartskontroll		104, 138, 254
PS17	Godkjent Tredjepartskontroll		188, 188, 188
PS18	Klart for Byggherrekontroll		253, 237, 99
PS19	Godkjent av Byggherre		91, 255, 99
<b>PS3</b>	<b>Bygging</b>		
PS31	Kontrahert		91, 255, 99
PS32	Assembly Level Acceptance Test		255, 239, 111
PS33	Factory Acceptance Test		253, 143, 227
PS34	Bygget/ferdigmontert		128, 167, 254
PS35	Site Acceptance Test		255, 119, 116
PS36	Godkjent integrerte systemtester (tjenestetester)		255, 164, 85
PS37	Godkjent overtakelse		156, 255, 249
<b>PS5</b>	<b>Driftsfase</b>		
PS51	Utskiftes/erstattes		33, 255, 26
PS52	Rives/fjernes		12, 79, 255
PS53	Avhendt		30, 254, 255

### 2.8.3 Fordeler og ulemper med å benytte statuskoder i BIM-modellen

Ved å undersøke ulike kilder har blant annet følgende fordeler og ulemper ved å benytte BIM i fremdriftsmåling kommet frem. Det er antatt at fordelene og ulempene er samsvarende for de ulike metodene.

- Et verktøy for og bedre forstå og kommunisere fremdriften og prosjektets utvikling
- Systematisk og etablert tverrfaglig kontroll i hele prosjekteringsfasen
- Gir potensiale for å spare tid og redusere prosjekteringsfeil grunnet bedre koordinering og kommunikasjon mellom fagdisipliner
- Bidrar til økt forståelse og forpliktelse til bruk av BIM
- Gir bedre kunnskapsoverføring på tvers av interessenter
- Kvalitetssikrende i alle faser av prosjektet
- Mange er skeptiske til bruk av statuskoder og nytteverdien
- Liten grad av felles og praktisk forståelse av statuskoder i prosjekteringsgruppen

Nøklebye (2018) skriver at MMI bidrar til å øke prosjektdeltakernes evne til å uttrykke prosjektets fremdrift og utvikling. Ifølge Nøkleby (2018) gir MMI prosjektdeltakerne et verktøy som i større grad kvantifiserer fremdriften, sammenlignet med konvensjonelle metoder som i stor grad baserer seg på hver enkelt prosjektmedarbeiders subjektive oppfatning av fremdrift.

Videre hevder Nøkleby (2018) at MMI bidrar til at disipliner i større grad kan tillate og dele ufullstendig underlag med andre disipliner sammenlignet med tradisjonelle metoder. Dette fordi MMI tilbyr et systematisk verktøy for å holde kontroll på objektenes status og hindrer at ufullstendig underlag blir videreført til senere MMI prosesser. Ved tradisjonelle metoder var ingeniørene mer tilbakeholdene med å dele ufullstendig underlag. Således bidrar MMI til å bedre kommunikasjonen og forståelsen mellom fagdisipliner.

Dette underbygges også i Svalestuen et al. (2018) som skriver at bruk av status i modell antas å øke prosjekteringsgruppens forpliktelse og forståelse til planlegging av prosjekteringsprosessen og til bruk av BIM i prosjektet.

Hooper (2015) skriver at statuskoder i modell kan bidra til bedre kunnskapsoverføring på tvers av interessenter i byggebransjen.

Veilederen for MMI skriver at hver disiplin benytter kodene i systemet til å planlegge sine leveranser i soner av prosjektet og signaliserer behov for BIM-leveranser fra andre fagdisipliner. Dette fører til at det er enklere å planlegge BIM-leveranser med samme modenhet i samme områder til samme tid. Dette bidrar igjen til å heve kvaliteten på tverrfaglige kontroller og sparer prosjekter for tid og prosjekteringsfeil (Fløisbonn, et al., 2018).



Graphisoft (2019) hevder at en BIM-modell fort kan oppfattes som et ferdig produkt, uavhengig av modellens faktiske status. Om andre fagdisipliner feiloppfatter modellen på denne måten kan feilprosjektering forekomme. Det argumenteres derfor følgende i favør av MMI som målemetode: «innføringen av MMI vil kunne bidra til økt forståelse og virke kvalitetssikrende i alle faser» Graphisoft (2019). Uten MMI eller andre former for status er det vanskelig å vurdere ferdiggraden til objekter i en BIM-modell. MMI kan derfor være et nyttig verktøy for å kommunisere faktisk status til alle involverte, og vil blant annet kunne hindre entreprenøren fra å starte byggeprosessen basert på feil underlag.

Hooper (2015) skriver at det er stor skepsis til bruken av statuskoder i BIM og nytteverdien av dette. I 2015 var dette relativt nytt og det er vanlig at mange er skeptiske til nye metoder og implementeringer som ikke har vært testet og man ikke vet nytten av. Nå i 2019 er det vanligere og benyttet statuskoder i modellen noe som er med på å senke nivået av skepsis til implementering i prosjekter.

Samtidig mener Hooper (2015) at det er få tilfeller der statuskoder blir vellykket implementert og at en av grunnene til dette er mangel på praktisk og felles forståelse på hva det kan brukes til.

## 3 METODE

---

Dette kapittelet tar for seg ulike forskningsmetoder, valgt metode og begrunnelse samt en presentasjon av caseprosjektene.

### 3.1 FORSKNINGSMETODER

En metode angir fremgangsmåten som skal benyttes for å kartlegge virkeligheten og kan betegnes som deduktiv eller induktiv. I vitenskapen kalles informasjon om virkeligheten empiri.

En deduktiv tilnærming beskrives som «fra teori til empiri» og tar utgangspunkt i at det først skapes forventninger til hvordan virkeligheten ser ut for deretter å undersøke om forventningene stemmer. Forventningene er skapt på forhånd som følge av tidligere teorier og funn. Utfordringene med en slik tilnærming er at undersøkelsen leter etter informasjon som støtter opp under de forventningene man har skapt.

En induktiv tilnærming er det motsatte og beskrives som «fra empiri til teori». En slik tilnærming tar utgangspunkt i at det ikke skapes noen forventninger før datainnsamling og at all relevant informasjon samles inn, systematiseres og danner grunnlaget for teoriene. En vil aldri klare å ha et helt åpent sinn og samle inn all informasjon, og dermed antas det å være umulig å få til en induktiv tilnærming i praksis.

En mellomting mellom disse to tilnærmingene er åpne tilnærminger. Med en slik tilnærming legger undersøkelsen mindre sterke føringer og går åpent ut for ny og overraskende informasjon.

Disse tilnærmingene legger grunnlaget for hvorvidt det er hensiktsmessig med en kvalitativ eller kvantitativ tilnærming (Jacobsen, 2015).

#### 3.1.1 Kvalitativ og kvantitativ metode

En kvantitativ og kvalitativ metode skilles i hovedsak på hvor åpen undersøkelsen er for overraskende informasjon og nye innspill under datainnsamlingen (Jacobsen, 2015).

En kvalitativ metode har en induktiv tilnærming og søker forståelse, mens en kvantitativ metode har en deduktiv tilnærming og søker forklaring.

Spørsmålene som stilles i en kvalitativ metode vil være annerledes eller stilles annerledes enn ved en kvantitativ metode (Tjora, 2013).

En kvalitativ metode har som formål å finne ut hvordan en gitt situasjon blir forstått og fortolket og egner seg for tilfeller der en ønsker nærmere avklaring av en problemstilling. Det er altså en hensiktsmessig metode når problemstillingen er uklar og man er åpen for innspill. Metoden benyttes ofte når en etterstreber dybde og detaljforståelse og det er ønskelig med mye informasjon om få enheter.

Kvantitativ metode egner seg i motsatt tilfelle der en har en klar problemstilling og har god forhåndskjennskap til temaet (Jacobsen, 2015).

### 3.1.2 Valg av metode

Valg av metode er basert på hvordan problemstillingen og oppgavens formål kan besvares best mulig. Formålet med masteroppgaven er basert på en forståelse av hva som gjøres i praksis, menneskelig erfaring og vurdering av nytteverdi. En kvalitativ metode vil derfor være et naturlig metodevalg for å besvare oppgavens problemstilling og er derfor valgt som fremgangsmåte.

En kvalitativ metode har en induktiv tilnærming og forskningsspørsmålene skal dermed ikke formes med hensikt i å bekrefte eller avkrefte hypoteser. I denne oppgaven er det naturlig å ta utgangspunkt i eksisterende teori og litteratur og sammenligne med praksis. Det er derfor valgt å kombinere både en induktiv og deduktiv fremgangsmåte.

Studering og innsamling av eksisterende litteratur er valgt som første steg for datainnsamling i masteroppgaven da kjennskap til eksisterende teori er en forutsetning for å kunne jobbe videre med temaet og oppgaven. Dette er beskrevet nærmere i kapittel 3.2.

Som neste steg for å samle inn data er det valgt ut tre caseprosjekter som er store relevante prosjekter der det benyttes fremdriftsmåling i BIM i ulik grad og med ulike metoder. Siden det er store prosjekter med store prosjekteringsgrupper er det mange personer i prosjekteringsledelsen og prosjektadministrasjonen. Det var derfor relevant å samle inn data og informasjon fra flere roller i hvert prosjekt. På bakgrunn av dette er det valgt å kjøre en spørreundersøkelse i stedet for intervjuer for å rekke å samle inn data fra alle personene.

Spørreundersøkelsen ble laget med samme type spørsmål som om det hadde vært et intervju og det var åpne spørsmål som krevde tekst og utfyllende svar. I tillegg ble det stilt noen spørsmål med påstander der graden av enighet ble målt.

For å besvare det første forskningsspørsmålet ble det gjennomført samtaler med de administrative prosjektlederene i prosjekteringsgruppen og BIM-koordinatorene i caseprosjektene. De oversendte relevante dokumenter som for eksempel prosedyre for fremdriftsmåling og rapportering. Kombinasjonen av informasjon fra samtaler og oversendte dokumenter ble benyttet for å beskrive metodene de benyttet. Deretter fikk de mulighet til å kommentere på det som var beskrevet for å sikre at det var forstått riktig.

### 3.1.3 Gyldighet og pålitelighet

Jacobsen (2015) skriver at det er to krav som bør tilfredsstilles uansett hvordan type empiri som samles inn under en undersøkelse:

1. Empirien må være relevant og gyldig (valid)
2. Empirien må være troverdig og pålitelig (reliabel)

Her betyr gyldighet og relevans at empirien som samles inn faktisk gir svar på de spørsmålene som er stilt. Gyldighet vil si at empirien har dekning for de konklusjonene som trekkes og at resultatene fra et avgrenset område også er gyldige i andre sammenhenger. Pålitelighet og troverdighet vil si at undersøkelsen er til å stole på. Det går ut på at undersøkelsen må være gjennomført på en troverdig måte som vekker tillit og ikke innebære åpenbare målefeil (Jacobsen, 2015).

Med andre ord er det et ønske om at resultatene er relevante, riktige og til å stole på. For å oppnå dette er det viktig at undersøkelsen gjennomføres på riktig og systematisk måte og at det stilles kritiske spørsmål til valgene som gjøres underveis. Men det finnes ingen perfekt forskningsprosess og alle prosesser vil være beheftet med svakheter, manglende presisjon og feil. Det vil ikke være mulig å gjennomføre en forskningsmetode uten å unngå feil, men det er viktig å gjøre rede for mulige svakheter som er knyttet til resultatene i en gitt undersøkelse (Jacobsen, 2015).

## 3.2 LITTERATURSTUDIE

I *Vegvisar for bachelor- og masteroppgåva* står det at Apa 6th, Harvard og IEEE er de mest brukte referansestilene ved Det teknisk- naturvitenskapelige fakultet. I denne masteroppgaven er det valgt å referere til kilder ved å benytte Apa 6th. Dette fordi det gir en viss indikasjon om kilden i teksten og ikke bare i referanselisten (UIS, 2016)

Etter at problemstillingen var definert startet litteraturstudiet som har bestått av en gjennomgang av fagdatabaser på nett og faglitteratur fra universitetsbiblioteket. Det ble gjennomført søk innenfor alle teoretiske temaer i oppgaven.

Oria har blitt mest brukt som fagdatabase og relevant litteratur ble funnet gjennom en kombinasjon av råd fra eksternt og intern veileder og referanselistene til relevante masteroppgaver.

Flere ord innenfor prosjektledelse og BIM ble sammensatt og koblet både på norsk og engelsk og søkt på i Oria. Søkene ble enten utvidet eller avgrenset avhengig av resultatet. Deretter ble relevansen i aktuell litteratur vurdert etter tittel, nøkkelord, sammendrag og konklusjon. Hvis kilden ble vurdert som relevant ble aktuelle kapitler lest og referanselisten ble benyttet for å finne ny litteratur. Hvis kilden ikke var relevant ble det gjennomført nytt søk.

### **3.2.1 Metodekritikk**

Sekundærdata er informasjon som ikke er samlet inn direkte fra kilden, men samlet inn av andre. Informasjon som undersøkeren samler inn for første gang kalles primærdata.

Når det gjelder sekundærdata er det viktig å ha et bevisst utvalg av kildene både med tanke på hvor de kommer fra og hvem som har samlet det inn. Dette er faktorer som påvirker troverdigheten til sekundærdata. Det er viktig å tenke over at sekundærdata har blitt samlet inn med et annet formål enn det som gjelder for denne oppgaven og det kan derfor være utfordringer knyttet til relevans og tolkning av slik data.

De fleste temaene som er omhandlet i denne oppgaven er temaer som det finnes mye relevant litteratur om. Det var derfor ikke veldig vanskelig å finne relevant litteratur, men det var krevende å begrense inn utvalget og avgrense søk. Dette kan ha ført til at mye litteratur og informasjon er mistet, men samtidig er avgrensningene gjort for å finne mest spesifikk og relevant litteratur.

Det er også valgt å bare bruke databasen Oria og det kunne vært brukt flere databaser for å finne relevant litteratur. Men siden det var tidskrevende å avgrense litteraturen i en database ville det ikke vært gjennomførbart å gjøre dette i flere databaser. I tillegg gir en database den fordel av å i større grad kunne gjennomgå flere av funnene.

Det kunne også i større grad blitt gjennomgått referanselister i sekundærdataen som ble benyttet for å øke dens troverdighet.

## **3.3 SPØRREUNDERSØKELSE OG OPPFØLGINGSSAMTALER**

Primærkilden til resultatene har vært en spørreundersøkelse og oppfølgingssamtaler i tre ulike byggeprosjekter. For å kunne samle inn informasjon fra flere personer i tre ulike prosjekter og tolke resultatene på en enkel og ryddig måte, ble det valgt å sende ut en spørreundersøkelse. Denne inneholdt både kvalitative og kvantitative spørsmål og krevde at undersøkelsesobjektene begrunnet sine svar. I de tilfellene det var behov for mer informasjon eller oppfølging av svarene ble det utført oppfølgingssamtaler.

### **3.3.1 Forberedelser**

Spørsmålene til spørreundersøkelsen ble utarbeidet med hensyn på forskningsspørsmålene i problemstillingen. For å ha gode nok bakgrunnskunnskaper om temaet ble det gjennomgått en mengde litteratur og teorien i oppgaven legger grunnlaget for å kunne gjennomføre undersøkelsen. Spørreundersøkelsen ble gjennomgått med ekstern veileder for å få innspill på formulering av spørsmål og innholdet. Etter innspillene ble spørsmålene finpusset og klargjort til utsendelse.

Spørsmålene ble formulert slik at det ga muligheter for utfyllende svar og samtidig noen spørsmål med avkrysningsmuligheter for å undersøke hvor enig intervjuobjektene var i ulike utsagn. Til sammen dekket spørsmålene de tre forskningsspørsmålene og mulighet for å innhente informasjon om relevante emner. Datatriangulering ble oppnådd ved å sende ut spørreundersøkelsen til flere personer i de tre prosjektene. Se vedlegg 1 for komplett spørreundersøkelse.

### 3.3.2 Caseprosjekter og relevante personer

Divisjon Bygninger i COWI har hatt fokus på fremdriftsmåling i BIM og hvilke prosjekter som jobber med dette. For å finne de prosjektene som benyttet dette i størst grad ble det snakket med ulike prosjektledere og det ble raskt klart hvilke prosjekter som var mest aktuelle å bruke som caseprosjekter. Prosjektene ble valgt på bakgrunn av størrelse, COWIs rolle og innsikt i prosjektet, grad av bruk av fremdriftsmåling i BIM, hvilke metoder de brukte og hvilken fase prosjektet var i. Det var interessant å se på prosjekter i ulike faser som benyttet ulike metoder for å måle fremdrift i BIM. Oppdragslederne og prosjektlederne på de ulike prosjektene godkjente at prosjektene kunne benyttes i oppgaven så lenge intervjuobjektene fikk være anonyme og ingen konfidensiell informasjon ble benyttet i oppgaven.

For å finne relevante personer til spørreundersøkelsen ble det gjennomgått organisasjonskart til de ulike prosjektene ved hjelp av prosjekteringslederne. De var også behjelpelige med kontaktinformasjon til personer som ble plukket ut til å være med og alle svarte på undersøkelsen. Ekstern veileder var også behjelpelig i dette arbeidet og tipset om personer som kunne være interessant og snakke med.

De tre prosjektene har ulik organisering og roller i prosjekteringsgruppen og det var derfor viktig å kvalitetssikre de personene som skulle få spørreundersøkelsen med prosjekteringslederne på de tre prosjektene.

Hvilke informanter som ble valgt ut og deres rolle i de tre prosjektene er vist i tabell 4 nedenfor.

Tabell 4: Oversikt over rollene som besvarte spørreundersøkelsen

Rolle	Prosjekt
Prosjektleder adm.	Nytt Regjeringskvartal
Prosjektplanlegger/styring	Nytt Regjeringskvartal
BIM-koordinator PG	Nytt Regjeringskvartal
BIM-koordinator TFK	Nytt Regjeringskvartal
BIM-ansvarlig ARK	Nytt Regjeringskvartal
BIM-ansvarlig teknisk fag	Nytt Regjeringskvartal
BIM-ansvarlig teknisk fag	Nytt Regjeringskvartal
Prosjekteringsgruppeleder adm.	Stavanger universitetssykehus
Prosjektstyrer	Stavanger universitetssykehus
BIM støtte	Stavanger universitetssykehus
Modellansvarlig teknisk fag	Stavanger universitetssykehus
Prosjekteringsgruppeleder adm.	Politiets Nasjonale Beredskapssenter
Tidligere Prosjekteringsgruppeleder adm.	Politiets Nasjonale Beredskapssenter
Disiplinleder ARK/ PGL Fag	Politiets Nasjonale Beredskapssenter
Disiplinleder teknisk fag	Politiets Nasjonale Beredskapssenter
BIM-koordinator tverrfaglig	Politiets Nasjonale Beredskapssenter

### **3.3.3 Gjennomføring**

Etter at undersøkelsen var sendt ut fikk de fire dagers svarfrist. Det ble sendt en påminnelse den siste dagen og når fristen var gått ut hadde alle svart på undersøkelsen. Svarene ble gått igjennom og det var stort sett bra og utfyllende informasjon. Informasjonen ble eksportert fra nettsiden og sortert for videre bruk i oppgaven.

I tillegg til spørreundersøkelsen ble det gjennomført samtaler med administrativ prosjekteringsgruppeleder og BIM-koordinatorene i de tre caseprosjektene for å besvare det første forskningsspørsmålet.

### **3.3.4 Metodekritikk**

Mange foretrekker intervjuer som metodikk i en masteroppgave for å få anledning til å snakke med personene og stille oppfølgingsspørsmål. På en annen side ble det her benyttet en spørreundersøkelse hvor flere av spørsmålene hadde tekstbokser og de som svarte ble bedt om å skrive utfyllende. I tillegg var det mulighet for oppfølgingsintervjuer i etterkant av undersøkelsen hvor intervjuene kunne kjøres mye mer konkret og det var hentet inn mye informasjon på forhånd gjennom undersøkelsen. Det kan også trekkes frem at forfatter av oppgaven selv jobber i et av prosjektene og har god kjennskap til denne type prosjekter, oppgavens tema og prosjektorganisering.

Det ble derfor valgt og ikke se på det å benytte spørreundersøkelse som svakhet, i denne oppgaven.

### 3.4 PRESENTASJON AV CASEPROSJEKTENE

Caseprosjektene består av tre store nybyggprosjekter. Et sykehusprosjekt, et regjeringskvartal og et beredskapssenter. Alle de tre prosjektene regnes som prestisjeprosjekter for COWI og i alle prosjektene er COWI med i prosjekteringsledelsen i tillegg til ulike fagdisipliner. Nedenfor presenteres de tre prosjektene med en kort beskrivelse og fakta.

#### 3.4.1 Nytt Regjeringskvartal (Nytt RKV)



*Figur 14: Illustrasjon av A-blokken og Høyblokken på Nytt Regjeringskvartal (COWI, 2018)*

Nytt Regjeringskvartal er et prosjekt som skal gi et komplett nytt samlokalisert regjeringskvartal i Oslo. Det skal gi et godt bymiljø, være representativt og tilgjengelig for alle og gi et effektivt departementfelleskap som er velfungerende, attraktivt, fleksibelt og sikkert i et langtidsperspektiv.

Prosjektet inkluderer både riving, rehabilitering, nybygg og utvendig arealer og gir til sammen 200.000 m<sup>2</sup> med til sammen 7 bygg.

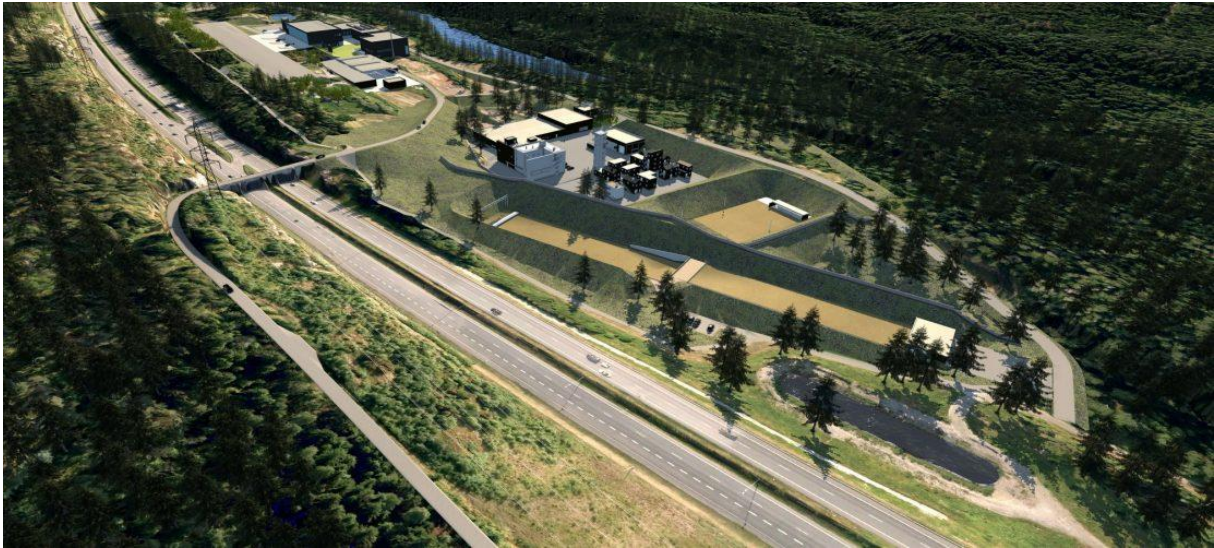


Prosjekteringsgruppen som ble tildelt prosjekteringskontrakten av Statsbygg er et Joint Venture-firma med navn Team Urbis (TU). Team Urbis består av firmaene Nordic, COWI, Rambøll, Aas-jakobsen, Asplan Viak, SLA og Bjørbekk & Lindheim. COWI har en eierandel på 22,5%. Tabell 5 nedenfor gir en oppsummering av fakta om prosjektet (COWI, 2018).

Tabell 5: Fakta om prosjektet Nytt Regjeringskvartal (COWI, 2018)

Prosjektnavn	Nytt Regjeringskvartal
Prosjekttype	Byggeprosjekt (nybygg og rehabilitering)
Entrepriseform	Samspillsentreprise
Kunde	Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD)
Oppdragsgiver	Statsbygg (SB)
Oppstart og planlagt sluttdato	2017-2028
Planlagt byggestart	2020
Nåværende fase	Forprosjekt
Anslått bygningsmasse	200.000 m <sup>2</sup>
COWI`s tjenester	Administrativ prosjekteringsledelse VVS IKT Vann- og avløpsanlegg SHA Innemiljø Brann Akustikk Scanning

### 3.4.2 Politiets Nasjonale Beredskapssenter (PNB)



Figur 15: Illustrasjon av Politiets beredskapssenter (Taraldrud info, 2019)

Det bygges et nytt nasjonalt beredskapssenter for politiet på Taraldrud sør for Oslo. Prosjektet har stor nasjonal betydning og har et mål om at senteret skal legge til rette for å forebygge, avertere, håndtere og normalisere ekstraordinære kriser og hendelser. Beredskapssenteret skal være et hovedkvarter for beredskapsressurser og inneholde treningsfasiliteter og administrative funksjoner for beredskapsstroppen, krise- og gisselforhandlere, bombegruppen og politiets helikoptertjeneste. Prosjektet inneholder derfor både administrasjonsbygg, parkering, helikopterbase og treningsfasiliteter som svømmehall og skytebaner (COWI, 2016).

Skanska Norge AS er totalentreprenør og har et samspill med partene Metier OEC, ÅF Advansia (prosjektledelsen), Nordic Office of Architecture (arkitekt) og COWI (rådgiver) (Skanska, 2018).

Tabell 6 nedenfor gir en oppsummering av fakta om prosjektet.

Tabell 6: Fakta om prosjektet *Politiets Nasjonale Beredskapssenter (COWI, 2016)*

Prosjektnavn	Politiets Nasjonale Beredskapssenter
Prosjekttype	Byggeprosjekt
Entrepriseform	Totalentreprise med samspill
Kunde	Det Kongelige Justis- og Beredskapsdepartement
Oppstart og planlagt sluttdato	2016-2020
Nåværende fase	Slutfase av detaljprosjekt, oppfølging av bygging
Anslått bygningsmasse	25.000-30.000 m <sup>2</sup> BTA
COWI`s tjenester	Prosjekteringsledelse BIM Samfunnsøkonomi Byggeteknikk Geoteknikk VVS Elektro IKT Brann Bygningsfysikk Energi Landskapsarkitektur Vei Trafikk Vann og overvann Vann og avløp Miljø Sikkerhet Akustikk

### 3.4.3 Stavanger Universitetssykehus (SUS)



Figur 16: Illustrasjon av Stavanger Universitetssykehus (COWI, 2017)

Helse Stavanger HF står ovenfor utbyggingen av Stavanger Universitetssykehus som skal ivareta behovet for en sikker behandlingsskapasitet for en befolkning i vekst og ivareta ellers ambisiøse strategiske målsettinger.

Prosjektet har stort fokus på industrialisering innen byggeprosessen og digital samhandling. Det gjennomføres som et BIM-prosjekt og det planlegges å bygge sykehuset mest mulig industrialisert med prefabrikkerte elementer. COWI har vært med på å utarbeide programmet som knytter industrialiseringen inn i BIM-modellen og prosjektet har skapt store digitale nyvinninger.

Sykehuset skal være i drift fra 2023 og romme psykiatri og somatikk med funksjoner som blant annet akuttmottak, laboratorier, poliklinikker, operasjon og fødestuer (COWI, 2017).

Tabell 7 nedenfor gir en oppsummering av fakta om prosjektet.

Tabell 7: Fakta om prosjektet Stavanger Universitetssykehus (COWI, 2017)

Prosjektnavn	Stavanger Universitetssykehus
Prosjekttype	Byggeprosjekt
Entrepriseform	Utførelsesentreprise med samspill
Kunde og oppdragsgiver	Helse Stavanger HF
Oppstart og planlagt sluttdato	2015-2023
Nåværende fase	Detaljprosjekt
Anslått bygningsmasse	Ca 100.000 m <sup>2</sup>
COWI`s tjenester	Prosjekteringsledelse Byggeteknikk Elektro VVS Brannsikring Akustikk Energi og miljø Vei Vann- og avløpsanlegg

## 4 RESULTAT

---

I dette kapittelet presenteres resultater fra samtaler, prosjektdokumenter, spørreundersøkelsen og intervjuer og det blir delt inn i kapitler etter forskningsspørsmålene i oppgaven.

### 4.1 METODER FOR FREMDRIFTSMÅLING VED HJELP AV BIM-MODELLEN

Her presenteres funnene som ble gjort gjennom samtaler og spørreundersøkelsen knyttet til første forskningsspørsmål «Hvordan og hvor ofte har prosjektet målt og rapportert fremdrift ved hjelp av BIM-modellen?»

#### 4.1.1 Metode benyttet på Nytt RKV i forprosjektfasen

På prosjektet Nytt Regjeringskvartal stilte oppdragsgiver krav til prosjekteringsgruppen om å måle fremdrift i BIM-modellen, også i forprosjektet. Fremdriftsmålingen skulle baseres på status på milepæler i Nivå 5 – Produksjonsplaner og rapporteres ut ifra aktivitetene på Nivå 4 – Detaljplan. I Nivå 4 planen skulle timer være basis for vekting ved beregning og rapportering av fremdriften. Fremdriften rapporteres etter cut-off som er siste søndag hver måned.

Metoden prosjekteringsgruppen Team Urbis utviklet og benyttet i forprosjektet for å måle fremdrift i BIM-modellen er beskrevet her.

For å måle fremdrift i BIM ble det utviklet og opprettet *Nivå 5 – Styringsplan BIM* for hvert bygg/avsnitt. Nivå 5-planene var basert på bygningsdelstabellen og de ulike bygningsdelene ble gjentatt for hver milepæl/sekvens som var satt i forprosjektet, med ulike krav til ferdigstillelse for hver milepæl.

For å ha noe å måle mot i modellen ble det benyttet fasenummer og statuskoder på BIM-objektene hentet fra Statsbygg sin prosjektmodell. Figur 17 viser hvilke fasenummer som ble benyttet i forprosjektet.

<b>B320</b>	<b>Forprosjekt</b>	
B321	Oppdatering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oppdatert skisseprosjekt</li> </ul>
B325	Alternativ / trinn 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prosjektutvikling</li> <li>• Prinsippvalg tatt for alle bygningsdeler</li> <li>• Funksjonsplanlegging på romnivå</li> <li>• Entreprenstruktur etablert i modell</li> </ul>
B327	Prinsipp / trinn 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototype for bygningsdeler ferdig utviklet og "låst" for endringer iht. framdriftsplan</li> <li>• Følger utbyggingstakt: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Grunn og fundament</li> <li>• 2 Tak og fasader</li> <li>• 3 Innvendige arbeider: innervegger, himlinger etc.</li> <li>• 4 Teknikk / interiør</li> </ul> </li> <li>• Grunnlag for utplassering av løsning i hele prosjektet</li> </ul>
B329	Overlevering / trinn 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levert forprosjekt</li> <li>• Grunnlag for totalentreprise / leverandørprosjektering</li> <li>• Grunnlag for myndighetsbehandling</li> </ul>

Figur 17: Fasenummer benyttet på Nytt RKV

Det ble benyttet to statuskoder som ble kombinert med fasenummeret. Disse er beskrevet i figur 18.

<b>Statuskode</b>	<b>Navn</b>	<b>Kommentar</b>
D	Opprettet	Objektet er opprettet, koden er evt tilbakestillt fra forrige fase
G	Godkjent	Objektet / objektgruppen har gjennomgått nødvendig kvalitetssikring, f.eks. tverrfaglig kontroll og kan benyttes som grunnlag for utførelse, bestilling etc.

Figur 18: Statuskoder benyttet på Nytt RKV

Et objekt kunne for eksempel ha status B325D og B325G.

Statusene ble satt av BIM-ansvarlige for hvert av fagene underveis i prosjektet.

De ulike bygningsdelene ble som beskrevet over gjentatt for ulike milepæler/sekvenser i forprosjektet. Det var totalt fire sekvenser som bygningsdelene skulle modnes igjennom og kravene til de ulike sekvensene er vist i tabell 8.



Tabell 8: Verifisering av de ulike sekvensene i prosjektet Nytt Regjeringskvartal

Sekvens (Milepæl)	Fasestatus	Verifisering
1 (MP2)	B325G	Bygningsdeler verifiseres ift. om de er etablert i modell eller ikke. Bygningsdeler skal være etablert med riktige bygningsdel-nummer ift. BIM-utviklingsplan. Etablert bygningsdel gir 100 % fremdrift.
2 (MP5)	B327G	Bygningsdeler bearbeides frem mot tverrfaglig kontroll (TFK). Frem mot respektive TFK skal alle bygningsdeler i BIM-styringsplanen være modellert i riktig mengde og kvalitet. Alternative løsninger og prototyper skal være modellert. TFK kontroll avdekker avvik og resulterer i arbeidsliste for oppretting etter tverrfaglig kontroll. Arbeidslistene skal svares opp og modellene korrigeres så snart som mulig. Ved kritiske avvik eller feil skal dette rapporteres både internt og eksternt, og følges opp spesielt.
3 (MP12)	B329G	Sekvensen er kontrollfase mot sluttleveranse og alle bygningsdeler er i prinsipp klargjort for leveranse, men det foretas mindre endringer om behov/ved påvirkning av endrede forutsetninger eller justeringer av løsninger. Kontrollert bygningsdel gir 100 % fremdrift.
4 (MP13)	B329G	BIM-modeller, følgeskriv og tegninger etableres og klargjøres for sluttleveranse. Kontrollert bygningsdel gir 100 % fremdrift.

Ved månedslutt ble BIM-modellen gått igjennom i regi av BIM-koordinator sammen med BIM-ansvarlige for hvert fag, avsnittsansvarlige og planlegger i prosjektadministrasjonen. Bygningsdelene innenfor de sekvensene/milepælene som var relevant i gjeldende måned ble gjennomgått og vurdert ut fra kravet til gjeldene sekvens. Det ble benyttet 5 fremdriftsstatuser innenfor hver sekvens fra 0% til 100%. Hver bygningsdel kunne dermed ha en av fremdriftsstatusene vist i figur 19, for hver sekvens i forprosjektet.

Oppgave definert	0 %	Planlagt
Oppgave påbegynt	20 %	Påbegynt
Oppgave forankret	50 %	Forankret
Oppgave gjennomført kontroll 1	80 %	Kontroll 1
Oppgave gjennomført kontroll 2	100 %	Kontroll 2

Figur 19: Fremdriftsstatuser benyttet på Nytt RKV



Figur 20 viser et eksempel fra Nivå 5 – Styringsplan for D-blokken for bygningsdel 222 Søyler. Utklippet er tatt på et tidspunkt mellom sekvens 3 og 4.

Avsnitt	Hovedområde (KTR)	Timeførings aktivitet	Disiplin	Bygnings del	Bygningsdel/Oppgaver	Sekvens	Fasestatus e. kontroll	Kvantitet/ kvalitet	Kontroll 1	Kontroll 2	Trinn	Status	Fremdrift %
D-blokken	Bygninger Tak og fasader	PG-FDB4R2-2	ARK	222	Søyler tilknyttet fasade	1	B325G	Kvalitet	EK	Samsvar ARK-RIB	4	Kontroll	100,0%
D-blokken	Bygninger Tak og fasader	PG-FDB4R2-5	ARK	222	Søyler tilknyttet fasade	2	B327G	Kvalitet / kvantitet	TFK	Samsvar ARK-RIB	4	Kontroll	100,0%
D-blokken	Bygninger Tak og fasader	PG-FDB4R2-12	ARK	222	Søyler	3	B327G	Kvalitet / kvantitet	TFK	Samsvar ARK-RIB	4	Kontroll	80,0%
D-blokken	Bygninger Tak og fasader	PG-FDB4R2-13	ARK	222	Søyler	4	B329G	Kvantitet	-	-	4	Planlagt	0,0%

Figur 20: Utklipp av Nivå 5 - Styringsplan for D-blokken på Nytt RKV

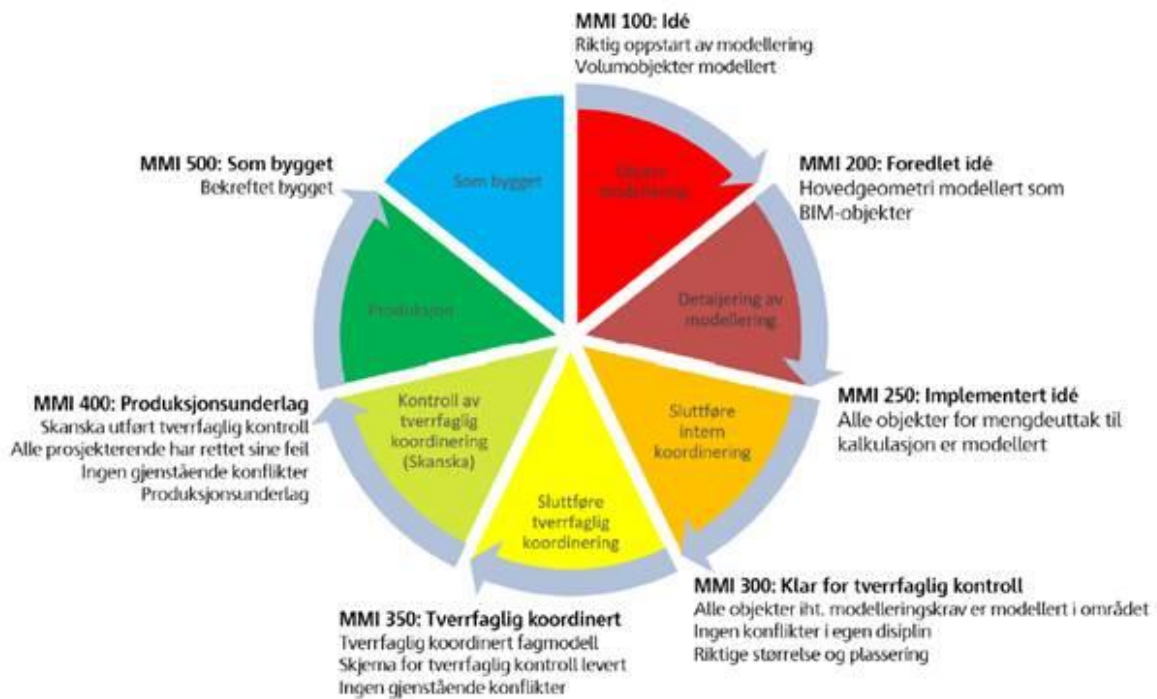
Gjennomsnittlig fremdriftsprosent av alle bygningsdelene ble totalfremdrift for bygget/avsnittet den måneden.

BIM fremdriften ble rapportert månedlig til oppdragsgiver gjennom Nivå 5 – Styringsplan BIM for hvert bygg. I Nivå 4 – planen var timeforbruket fremdriftsstyreende for hver timeføringsaktivitet. Timeføringsaktivitetene hadde fire underkategorier som tilsvarte de fire milepælene/sekvensene. Det var disse underkategoriene som fikk fremdriftsstatus i Nivå 5-planene for BIM. Disse fremdriftsverdiene ble overført manuelt til Nivå-4 planen.

#### 4.1.2 Metode benyttet på PNB i detaljprosjektfasen

På prosjektet PNB begynte de å måle fremdrift i BIM etter samspillfasen slik at entreprenørene kunne gi innspill på hvordan de ønsket å utføre dette.

Det er benyttet MMI-koder for å måle fremdrift i modellen og det er Skanska sin metodikk som er benyttet som utgangspunkt. Fremdriften måles og rapporteres månedlig. Figur 21 og 22 illustrerer MMI-metodikken.



Figur 21: Kakediagram med beskrivelse av MMI 100 – MMI 500 hentet fra prosjektet PNB



Figur 22: MMI-statuskoder med prosent fremdrift hentet fra prosjektet PNB

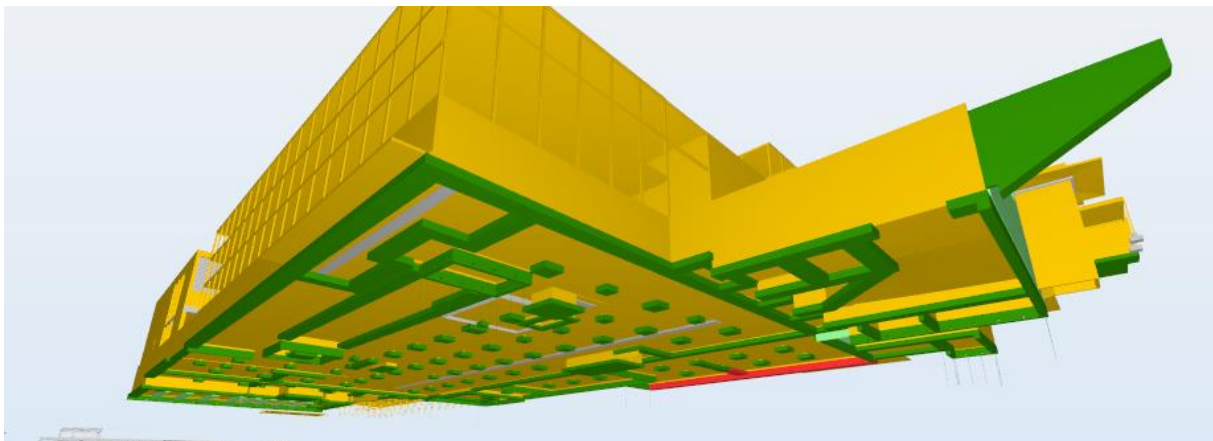
Fremdriften måles på leveransepakker/innkjøpspakker i prosjektet. En leveransepakke kan inneholde flere fag. Alle leveransepakkene er satt opp i en excel-fil med milepæler og MMI/ferdiggrad pr leveransepakke. Fremdriftsprosenten per MMI-status er gitt i figur 22 ovenfor. Slik kan fremdriften måles månedlig ut fra status på objektene som er satt på de ulike leveransepakkene i modellen.

Fremdriftsindeksen som prosjektet rapporter på er målt mot den totale leveransen som inkluderer alle leveransepakker og alle fag. Se figur 23.

WBS	Fordelte timer	Sum timer	Desember					Januar				Februar			
			Uke-43	Uke-44	Uke-45	Uke-46	Uke-47	Uke-1	Uke-2	Uke-3	Uke-4	Uke-5	Uke-6	Uke-7	Uke-8
Ferdiggrad produksjon - SAKKUNE (MMI)			0%	0%	0%	0%	0%	2%	5%	7%	0%	11%	15%	14%	
Faktisk ferdiggrad			0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	5%	7%	0%	10%	12%	14%

Figur 23: Utklipp av fremdriftsindekstabel desember-februar hentet fra prosjektet PNB

Det er også mulig å lese ut grafisk av modellen hvilke objekter som har de ulike MMI-statusene ved å fargesette de ulike statuskodene. Figur 24 viser et eksempel der de grønne fundamentene er klare til produksjonsunderlag (95%), de røde fundamentene er det hold på og de oransje objektene er klare innkjøpspakker (50%).



Figur 24: Illustrasjon av BIM-modell med ulike MMI-statuser for ulike objekter hentet fra prosjektet PNB

Prosjektet benyttet ikke sjekklister eller krav til de ulike statusene og det ble i liten grad fulgt opp statussetting i modell. I stedet ble det gitt faktisk ferdiggrad i fremdriftsindekstabelen ut ifra om innkjøpspakkene hadde nådd milepælene som var satt til de ulike MMI-statusene.

### 4.1.3 Metode benyttet på SUS i detaljprosjektfasen

På SUS-prosjektet måles det fremdrift på aktivitetsnivå hver måned, og de måler ferdiggrad i BIM-modellen hvert halvår i forbindelse med baselinerevisjoner. Fremdriften som rapporteres månedlig er basert på påløpte timer og inntjent verdi samt antall ferdigstilte konkurransegrunnlag.

Metoden de benytter for å måle ferdiggrad i BIM hvert halvår er beskrevet nedenfor.

Prosjektet er i en detaljprosjekteringsfase der det utarbeides konkurransegrunnlag på noen områder samtidig som det i andre områder utarbeides arbeidsgrunnlag (modellbasert) til utførende entreprenører. På SUS har de valgt å benytte BuildingSmart statuskoder fra S0-S5. Se figur 25.

Kode	Navn	Beskrivelse	Fase
S0	Foreløpig	Modellert objekt, evt., importert objekt	Prosjekteringsfase
S1	Klargjort for TMK	Objekter merkes forløpende etter hvert som de er klar for tverrfaglig modellkontroll (TMK)	
S2	Godkjent TMK	Objekter som er godkjent etter tverrfaglig modellkontroll. Evt. avvik er rettet opp.	
S3	Klargjort for entreprenørprosjektering	Kun gjeldende for bl.a. prefabrikking, dvs objekter som skal videreutvikles av entreprenør/leverandør	
S4	Låst prosjektering	Objekter som ikke skal endres på grunn av låst beslutning. Dette vil normalt være lang tid i forkant av bygging. Eks. elementer med lang leveringstid, eller prefabrikerte elementer.	
S5	Klar for bygging	Objekter skal merkes minst 8 uker før oppstart av aktivitet på byggeplass. Eks. merkes via placeholder for kontrollområde.	Byggefase
<del>S6</del>	<del>Bestilt</del>	<del>Ikke besluttet</del>	
S7	Montert/installert/bygget	Statussetting fra PIMS etter at objektet er montert fysisk på byggeplass	
S8	Godkjent	Statussetting fra PIMS etter at kontrollområde er ferdig godkjent montert (ikke funksjonstest).	

Figur 25: Statuskoder og beskrivelse benyttet på SUS

Modellen er delt inn i ulike kontrollområder og når et kontrollområde for eksempel er godkjent etter TMK får alle BIM-objekter i gjeldende kontrollområde status S2. Statuskodene oppdateres fortløpende av fagdisiplinene i prosjektet, og dette grunnlaget benyttes blant annet i forbindelse med en baselinerevisjon.

I den fasen prosjektet er i nå er det status S5 som benyttes i størst grad og denne viser at et kontrollområde er klart til å sendes ut som arbeidsgrunnlag (modellbasert). På dette prosjektet har de valgt å sette 100% når S5 er nådd i detaljprosjektet, og starter på 0% for å håndtere endringer / revisjoner frem til «som-bygget-dokumentasjon».

Statuskodene til BuildingSmart har mange likhetstrekk med MMI-statusene og på SUS har de sammenlignet disse statusene for å sette prosentverdier. De har valgt å sette S1 til 75%, S2 til 88% og S5 til 100%.

I figur 26 er det gitt et eksempel fra fremdriften per hovedentreprise i forbindelse med baseline i september 2019. Fremdriften er vektet ut fra antall objekter per hovedentreprise.

Ferdiggrad med "vektning"	Ingen FG	S0: Modellert obj.	S1: Klar for TMK	S2: Godkjent TMK	S5: Klar for bygging	Totalt	Vekting:	Vekting pr. kontrollomr.
Grunn	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	15.02 %	15.02 %	8 996	800
Betone	1.83 %	0.00 %	1.58 %	0.62 %	1.88 %	5.91 %	12 797	400
Råbygg	1.32 %	0.00 %	0.15 %	0.00 %	0.00 %	1.47 %	13 403	119
Fasader	7.38 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	7.38 %	29 041	605
Innvendige arbeider	36.97 %	4.91 %	0.00 %	0.00 %	0.00 %	41.88 %	279 070	3 403
<b>Sum:</b>	<b>47.5 %</b>	<b>4.9 %</b>	<b>1.7 %</b>	<b>0.6 %</b>	<b>16.9 %</b>	<b>71.7 %</b>	<b>343 307</b>	<b>5 327</b>

Figur 26: Vektet ferdiggrad pr hovedentreprise pr 29.09.19 fra SUS

## 4.2 FORDELER OG ULEMPER KNYTTET TIL FREMDRIFTSMÅLING I BIM

Her presenteres funnene fra spørreundersøkelsen og oppfølgingsintervjuer knyttet til det andre forskningsspørsmålet «Hvilke fordeler og ulemper er knyttet til fremdriftsmåling i BIM?»

### 4.2.1 Fordeler ved bruk av fremdriftsmåling i BIM

Det kom frem flere fordeler fra informantene ved bruk av fremdriftsmåling i BIM. De viktigste fordelene og de som gikk igjen blant de ulike informantene er listet opp nedenfor og videre beskrevet i hvert sitt avsnitt.

- Visualisering av fremdriften
- Bedre kontroll på faktisk fremdrift kontra planlagt fremdrift og mer presis fremdriftsmåling
- Bidrar til å løse utfordringer tidligere
- Mer objektiv fremdriftsmåling
- Mer nøyaktig fremdriftsmåling

Fordelen de fleste informantene dro frem var at BIM kunne gi en visualisering av fremdriften. For å få til dette best mulig kan man benytte ulike farger på de ulike statuskodene. Det gjør det veldig enkelt å se hva som ikke har den statuskoden det skulle hatt og hvor mye som gjenstår. Et eksempel på dette ble vist i figur 24.

Mange synes dette gir et tydeligere bilde av fremdriften enn et tall. Siden store deler av prosjekteringsarbeidet foregår i modell gir det også et godt bilde av den totale fremdriften, men dette gjelder i større grad i detaljprosjekt enn i forprosjekt.

Visualisering av fremdriften kan også benyttes ovenfor kunden. Ved å vise kunden modellen der fargekodingen benyttes får de et større innblikk i faktisk fremdrift. Det kan bidra til å visualisere hvorfor man eventuelt ligger bak planen og tydeliggjøre hvilken informasjon som mangler. Det kan også bidra til å hindre at store endringer oppstår sent i prosessen da kunden lettere ser konsekvensene av dette.

Dette avhenger av hva kunden ønsker, og i noen tilfeller er kunden mer interessert i rapporter som beskriver fremdriften i modell og har ikke interesse av å se modellen før prosjektet er ferdig.

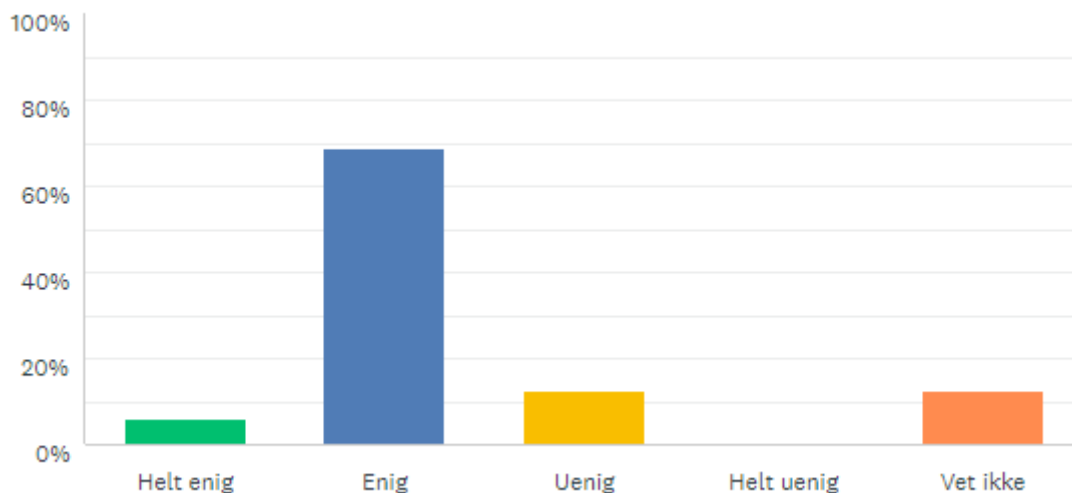
En annen fordel som trekkes frem er at fremdriftsmåling i BIM gir en bedre kontroll på faktisk fremdrift kontra planlagt fremdrift. En informant forteller at «*i tidligfase kan fremdriftsmåling i BIM bidra til å sikre at alle fag kommer i gang tidnok med modellering. Det er tradisjonelt en utfordring med tekniske fag*». Dette er vanskelig å sikre gjennom tradisjonelle metoder for fremdriftsmåling. Tradisjonelle metoder er mer basert på skjønn og blir ofte en gjetning av faktisk fremdrift. Fremdriftsmåling i BIM gir en mer eksakt måling og dermed også en bedre kontroll på faktisk fremdrift.

Det kan også fungere som et hjelpemiddel for å sjekke at rapportert skriftlig fremdrift stemmer med det som faktisk er modellert ved å spore og kontrollere i modell. Dette bidrar til en mer nøyaktig fremdriftsmåling. En av informantene skriver samtidig at «*det gir en mer presis måling fremfor tradisjonelle metoder, men det er fortsatt noe synsing som må gjøres*».

Fremdriftsmåling i BIM i tidligfase bidrar til at alle fag må koordineres i modell tidligere som igjen bidrar til at utfordringer oppdages og løses tidligere. Dette kan ha stor betydning for prosjektets fremdrift da det har mye større konsekvenser om disse utfordringene oppstår senere i prosjektet og medfører endringer og omprosjektering.

Informanter som er med på prosjekter i detaljprosjektfasen skriver at «*fremdriften blir mer objektiv*» og at en fordel er at det brukes objektive måleparametere for å fastsette ferdiggrad. Dette vil være vanskeligere i et forprosjekt der man ikke har samme grad av modellering og ferdigstilling som i et detaljprosjekt. Det er derfor et større behov for å benytte skjønn i fremdriftsmålingen i forprosjekt.

På spørsmålet om hvor enig informantene er i at BIM gir en mer nøyaktig måling av fremdriften svarte 11 av 16 at de var enig og 1 og 16 var helt enig. Fordeling av resultatet er vist i figur 27.



Figur 27: Resultat fra spørreundersøkelsen og spørsmål – Hvor enig er du i at BIM gir en mer nøyaktig måling av fremdriften?

Informantene som var enig i påstanden hadde en del kommentarer og forutsetninger til påstanden. Blant annet at alle fag må legge inn den informasjonen som er nødvendig i modell for at det skal fungere. Og at man må vite hva som skal måles til riktig tid og ha struktur i arbeids- og målemetodene. En annen skriver at «*kvaliteten på målingene er avhengig av hvor nøyaktig de som modellerer er til å oppdatere statuskodene og at nøyaktigheten er avhengig av hvor tette intervaller det måles på*».

En annen skriver at «*hvis man har et klart regelsett for fremdriftsmålingen, så blir den mer nøyaktig*». Det er svært viktig kriterium når det gjelder fremdriftsmåling i BIM. Det må settes klare regelsett for hva som skal måles hvor og når og hvilke krav som må tilfredsstilles for å oppnå ulike statuskoder og fremdriftsprosent. Han skriver videre at «*det blir lettere å formidle fremdriftsstatus til prosjektmedarbeidere*».

Flere spesifiserer også at BIM ikke kan måle fremdriften for prosjekteringen alene da det også vil være dokumenter, beslutninger og avklaringer som påvirker fremdriften, men at BIM gir en totalfremdrift som er mer nøyaktig enn tidligere siden det blir tilført et nivå til.

Når det gjelder modellansvarlige for tekniske fag skriver de at fremdriftsmåling i BIM bidrar til at tekniske fag må modellere i en større grad tidligere i prosjektet og selv om det kan være utfordrende i tidlig fase medfører det at føringsveier og store tekniske utstyr må løses tidligere. Dette bidrar også til en mer realistisk og nøyaktig fremdriftsmåling i tidligfase.

#### 4.2.2 Ulemper ved bruk av fremdriftsmåling i BIM

De fleste informantene hadde også noen ulemper knyttet til fremdriftsmåling i BIM. Ulempene som nevnes er blant annet:

- Varierende erfarings- og kunnskapsnivå
- Mangel på gode verktøy for automatisk fremdriftsmåling og rapportering
- En ekstra parameter i modellen som må kontrolleres og måles
- Utfordrende å ha godt nok nivå/kvalitet på alle BIM-objekter
- Tidkrevende

Bruk av statuskoder i modell er relativt nytt og få har gjort dette i prosjekter tidligere og en informant skriver at det er varierende og som regel lite erfarings- og kunnskapsnivå når det gjelder fremdriftsmåling i BIM. Det kan bidra til variabel tilgjengelighet på oppdaterte statuskoder og misvisende fremdrift. Det krever derfor en god oppstartsprosess med opplæring slik at alle får kjennskap til de ulike statusene og hvordan statussettingen skal gjennomføres.

En annen skriver at det *«mangler gode verktøy for rapportering. I RKV-prosjektet har det blitt en tradisjonell Excel-øvelse, der f.eks. Jira kunne vært benyttet i større grad med automatisk framdriftsmåling basert på saksstatus/statistikk. Samtidig ingen direkte relasjon til modell, og det er primært vært en skjønnsmessig vurdering av hvor langt man har kommet mellom ulike milepæler. Her kunne et saksoppfølgingssystem koblet til BIM vært til stor hjelp for å samle oversikt, fordeling, rapportering og oppdatering av saker ett sted.* Dette er altså en ulempe knyttet til metoden på prosjektet Nytt RKV der det ikke ble benyttet et automatisk verktøy. En annen informant på Nytt RKV skriver også at det benyttes manuelle verktøy og synsing og at det burde utvikles bedre verktøy.

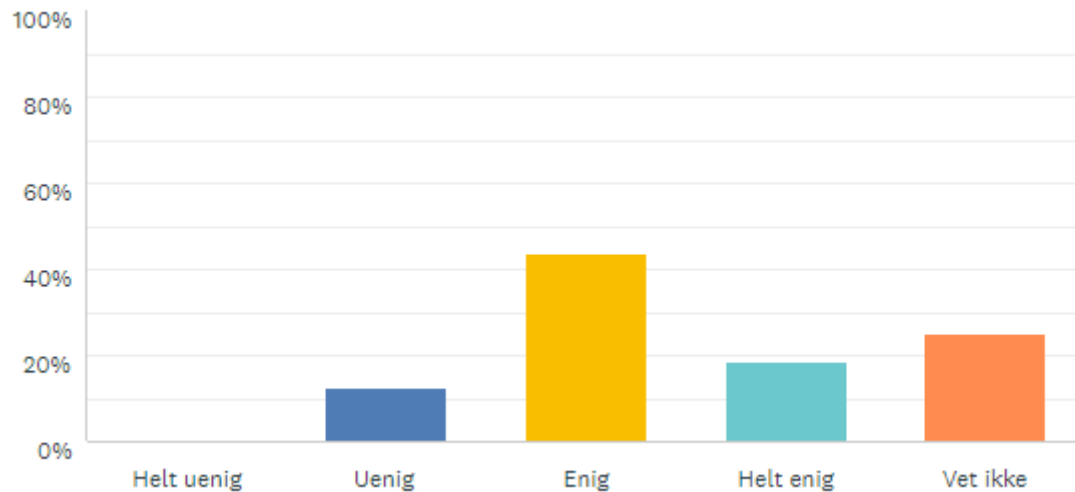
En BIM-koordinator skriver at det ikke er noen store ulemper, men at det medfører en ekstra parameter i modellen som må benyttes, oppdateres og måles. I en hektisk arbeidshverdag med mye oppgaver må det derfor estimeres tilstrekkelig ressurser for at fremdriftsmåling i BIM skal fungere optimalt.

Dette har også en sammenheng med neste punkt som gjelder kvalitet/nivå på BIM-objekter. En informant skriver at *«vi er nok ennå i en omstillingsfase og da er det utfordrende å ha godt nok nivå/kvalitet på all informasjonen i BIM-objektene til at målingene skal bli mest mulig riktig».* Dette henger også sammen med første punkt om at det er mangel på erfaring og kunnskap når det gjelder fremdriftsmåling i BIM.

En annen skriver at det ikke er noen store ulemper, men at *«det stiller krav til at man tidlig planlegger hva som skal inn i BIM av objekter og informasjon».* Det er viktig for å vite hva man skal måle på og etter.



På spørsmålet om hvor enige informantene er i at fremdriftsmåling i BIM er mer tidkrevende enn tradisjonelle metoder for å måle fremdrift svarte 7 av 16 at det var enig og 3 av 16 at de var helt enig. Samtidig nevnte 4 av 16 dette som en ulempe. Fullstendig resultat er vist i figur 28.



Figur 28: Resultat fra spørreundersøkelsen og spørsmål - Hvor enig er du i at fremdriftsmåling i BIM er mer tidkrevende enn tradisjonelle metoder for å måle fremdrift?

Det kom også frem en del kommentarer og begrunnelser til disse svarene.

Flere mener at det er mer tidkrevende innledningsvis, men at det vil endre seg når prosessen har foregått en periode og blitt modnet i organisasjonen.

Andre skriver at ikke fremdriften i BIM alene kan si noe om totalfremdriften og at det derfor er mer tidkrevende.

En skriver at «det krever mye oppfølging i en hektisk prosjekteringsfase» og en BIM-koordinator skriver at det er «til dels tidkrevende for de som må følge opp statussettingen. Måling kan ikke skje på objekter som ikke er modellert ennå, det vil si vanskelig med tidligfasemåling». En annen mener det gir bedre oversikt over status, men krever flere ressurser.

En annen skriver at «frem til det er etablert gode og gjennomarbeidede rutiner som er erfaringsbaserte vil fremdriftsmåling i BIM være mer tidkrevende. Så snart det er etablert felles og erfaringsbaserte rutiner vil sannsynligvis fremdriftsmåling i BIM være mindre tidkrevende og enklere grunnlag for fremdriftsstyring og økonomistyring».

De fleste som er enig i at fremdriftsmåling i BIM er mer tidkrevende mener altså at det er mulig å endre på ved bedre verktøy og flere ressurser.

De to informantene som var uenig i påstanden mener at tilrettelegging og bevisstgjøring vil bidra til å hindre at det er mer tidkrevende. «Fremdriftsmåling i BIM krever at personellet jobber veldig strukturert og planmessig. Dette vil totalt sett spare tid i prosjektet og gi bedre kvalitet».

## 4.3 FORBEDRINGSMULIGHETER OG FORUTSETNINGER

Her presenteres funnene fra spørreundersøkelsen og oppfølgingsintervjuer knyttet til det tredje forskningsspørsmålet «Hva kunne vært gjort annerledes i planleggingen og underveis i prosjektet for at fremdriftsmåling i BIM kunne fungert bedre og hvilke forutsetninger må ligge til grunn?»

Kapittel 4.3.1 omhandler hva som kunne vært gjort annerledes og forbedringsmuligheter for de tre ulike metodene. Kapittel 4.3.2 beskriver de ulike forutsetningene som må ligge til grunn.

### 4.3.1 Forbedringsmuligheter for fremdriftsmåling i BIM for ulike metoder

#### 4.3.1.1 Excel-ark og fasestatus - metodikk

På prosjektet Nytt Regjeringskvartal har informantene følgende forslag til hva som kunne vært gjort annerledes under planleggingen og underveis i prosjektet:

- «Være tydelig på krav til kvantitet og kvalitet på bygningsdeler med beskrivelse innledningsvis i prosjekter så både utførende og eier forstår klart hva som skal måles og rapporteres i de ulike fasene for å gi en status».
- «Prøve ut Jira i større grad. På en annen side er dette et litt kjedelig verktøy, og ikke automatisk integrert mot BIM, så tilpasninger ville være nødvendig. Dette har også vært en læringsprosess for alle involverte så det er lett å være etterpåkløkk. Kan også vurdere om PIMs er et bedre saksoppfølgingsystem enn Jira, og interessant å jobbe for å få en kobling mot BIM».
- «Bedre verktøy, erfaringsoverføring fra tilsvarende prosjekter slik at metoder blir oppdatert og forbedret jevnlig».
- «Det må jobbes med definisjoner av fremdrift i BIM. Hva skal til for at modellen modnes i tidlige faser av et prosjekt. Det blir nok mer tydelig i detaljfasen, når man kan ta i bruk MMI».
- «Design og BIM må kunne rapportere i et felles system».

I tillegg har de følgende forslag til hvordan metoden kan videreutvikles:

- «Ta utgangspunkt i MMI indeks og tydeliggjøre kvaliteter og kvantiteter i de ulike fasene, kombinert med dokumentasjon i form av beslutninger, premisser, notater og avklaringer (skal utdypes og videreutvikles/forklares i RKV prosjektet)».
- «Kobling av TFK-aksjoner mot saksbehandlingssystem (lukkede saker = framdrift)».
- «Vurdere PIMs eller Jira som saks og framdriftsmålingsplattform. PIMS kan kanskje utvides med støtte for modellvisning.
- «Bedre kobling mellom bygningsdeler i BIM og ansvarlige medarbeidere som jevnlig rapporterer status i sitt avsnitt (f.eks. trapper, heiser, dører osv.)».

#### **4.3.1.2 MMI-metodikk**

På Politiets beredskapssenter har informantene følgende forslag til hva som kunne vært gjort annerledes under planleggingen og underveis i prosjektet:

- «Mer bevisstgjøring og tettere oppfølging av disiplinledere».
- «Drilling av dette fra start. Mer fokus på BIM i alle ledd i alle firma. Vilje må være tilstede i alle ledd, ikke bare hos ledelsen».
- «Klare BIM-krav fra starten av prosjektet. Bemanne prosjektet med BIM-kompetanse. Tydelighet fra byggherre om ønsker og ambisjoner».
- «Bevisstgjøre alle medarbeidere. Viktig med BIM-koordinator».

I tillegg har de følgende forslag til hvordan metoden kan videreutvikles:

- «Fokus på standardisering av metoder».
- «En må ha klare og konkrete metoder for hvordan MMI skal markeres i modell. Man bør ha veiledninger på hvordan dette skal gjøres praksis og på hvilket detaljeringsnivå det skal legges på. Grad av digitalisering henger naturlig sammen med i hvor stor grad man greier å kvitte seg med analoge/manuelle metoder. Dersom man hadde redusert behovet for tegninger, vil man kunne oppnå en mye større grad av digitalisering i prosjektene. Dessverre er det blitt produsert alt for mange tegninger i prosjektet, noe som gjør at alt for mye tid og fokus går på å utforme og vedlikeholde disse. Reduksjon av tegninger er derfor en indirekte metode for å øke fokus på arbeidet med MMI».

#### **4.3.1.3 BuildingSmart metodikk med S-statuser**

På prosjektet Stavanger Universitetssykehus har informantene følgende forslag til hva som kunne vært gjort annerledes under planleggingen og underveis i prosjektet:

- «Etablere felles rutiner for fremdriftsmåling av prosjekteringsaktiviteter i BIM».
- «Vi jobber intenst med parameterberikelse nå og der kunne det vært gjort enda mer i tidligere fase, men det er lett å si det nå i etterkant».
- «Prosessen fra tverrfaglig modellkontroll (TMK) til ferdig godkjent er godt dokumentert. Tiden før TMK er ikke oppdelt i milepæler på samme måte. Det ligger mange timer i tiden mellom objektet er modellert og til det er klar for TMK».

I tillegg har de følgende forslag til hvordan metoden kan videreutvikles:

- «Videreutvikle MMI, samt hente inn kompetanse fra "olje-gass-baserte" prosjekter».
- «Koble fremdrift mot beslutningsplanen i tidligfasen».

### 4.3.2 Forutsetninger som må ligge til grunn

Det er en del forutsetninger som må ligge til grunn for at fremdriftsmåling i BIM skal fungere hensiktsmessig. Informantene fra de tre prosjektene kunne ut fra erfaringene de har tatt med seg igjennom caseprosjektene, gjengi en del forutsetninger. Disse er beskrevet nedenfor.

For det første var det flere som var tydelige på at det krever god BIM-kompetanse og en BIM-ansvarlig for hver disiplin i tillegg til en tverrfaglig BIM-koordinator i prosjekteringsgruppen.

I tillegg til dette krever det en felles forståelse av fremdriftsmåling i BIM og de statusene som skal gjengi ferdiggraden til BIM-objektene i hele prosjekteringsgruppen. Hvis dette ikke er forstått riktig nedover i organisasjonen vil det kunne gjengi feil verdi av fremdriften fordi det er benyttet feil statuskoder.

Mange nevnte også at det kunne vært benyttet bedre verktøy for fremdriftsmåling i BIM og her spiller BIM-kompetanse og kjennskap til verktøy en stor rolle. Hvis en prosjekteringsgruppe generelt har liten BIM-kompetanse og ikke har benyttet aktuell programvare eller verktøy tidligere vil nok fremdriftsmåling i BIM skape mye støy og mest sannsynlig gi et feilaktig bilde av fremdriften. I motsatt tilfelle vil derimot god kjennskap til aktuelle verktøy og programvarer bidra til en nøyaktig fremdriftsmåling og mulighet for å benytte nye og effektive verktøy i arbeidet.

En annen viktig forutsetning er enighet rundt ferdiggrader og statuskoder som skal benyttes og definering av disse. Det er viktig at «leveransene» for å oppnå de ulike statusene beskrives svært tydelig både med tanke på kvalitet og kvantitet igjennom alle faser av prosjekteringen.

For å få til dette er det viktig med et godt samarbeid mellom ledelsen, BIM-ansvarlige og de prosjekterende. De som setter opp planen er helt avhengig av innspill fra de ulike disiplinene og forstå hvordan de som prosjekterer jobber med modellen.

Hvis prosjekteringsgruppen får til et godt samarbeid her ligger det til rette for en omforent metode for fremdriftsmåling og de BIM-ansvarlige vil ha en større tilknytning til metoden. Et godt samarbeid vil tilrettelegge for at disiplinene kan komme med sine innspill på å definere elementparametere og det føre til en bevisstgjøring i prosjekteringsgruppen.

Fremdriftsmåling i BIM er også helt avhengig av at BIM-ansvarlige aktivt gir sitt bidrag ved rapportering og følger opp statuskoder og fremdriften løpende. Parameterne eller statuskodene som skal beskrive ferdiggrad må opprettes i modell og vedlikeholdes for hver disiplin. Hvis ikke dette gjøres til riktig tid og på riktig måte vil ikke fremdriftsmålingen fungere optimalt.

Her er det viktig med tydelig ansvarsfordeling i disiplinene og avtalte tidsfrister som skal holdes for at fremdriftsmålingen skal fungere.

Et annet viktig element er kunden og deres ønsker. Hvis fremdriftsmåling i BIM skal fungere krever det tid og innkjøring i prosjekteringsgruppen. Det må derfor være et ønske fra kunden at prosjekteringsgruppen bruker tid på dette. Gevinsten for kunden er til gjengjeld en god og gjennomarbeidet fremdriftsmåling i BIM.

Hvis det er kunden som bestemmer rapporteringsmetoder og verktøy som skal benyttes er det også viktig at det tas en tidlig beslutning for at fremdriftsmålingen skal bli best mulig. Mange kunder er opptatt av BIM og digitalisering, men det er fremdeles et stort fokus på tegninger og 2D når det kommer til byggefasen. For å få mest mulig utbytte av fremdriftsmåling i BIM er det viktig å fokusere mer på å tilrettelegge for dette enn å fokusere på tegninger.

## 5 DISKUSJON

---

I dette kapittelet diskuteres resultatene på forskningsspørsmålene opp mot teorien og generell kunnskap. Kapittelet er delt inn i underkapitler per forskningsspørsmål.

### 5.1 METODER FOR FREMDRIFTSMÅLING VED HJELP AV BIM-MODELLEN

Her diskuteres første forskningsspørsmål «Hvordan og hvor ofte har prosjektet målt og rapportert fremdrift ved hjelp av BIM-modellen?»

De tre caseprosjektene SUS, Nytt RKV og PNB har alle benyttet ulike metoder for å måle fremdrift i BIM-modellen og de rapporter med ulik hyppighet, men alle har valgt å benytte statuskoder i modellen.

Nytt RKV måler fremdrift på enkeltobjekter i modellen i forprosjektfasen, mens SUS og PNB som begge er i detaljprosjektfasen måler fremdrift per kontrollsoner i modellen. Nøklebye (2018) mente det var mest praktisk å sette MMI-status per kontrollsoner.

Det er viktig å vite forskjellen på prosjekteringen i et forprosjekt og detaljprosjekt når fremdrift diskuteres. I et forprosjekt vil store deler av prosjekteringen gå ut på å teste ulike alternativer. Det prosjekteres derfor mange ulike løsninger før det velges en løsning som prosjekteres videre før leveranse av forprosjekt. Dette fører til en iterativ prosess der prosjekteringen går mange runder og starter på nytt med ulike alternativer. Det er derfor ikke mulig å måle fremdrift av prosjekteringen i modell som om det hadde vært en lineær prosess.

I et detaljprosjekt er derimot løsning valgt og prosjekteringen vil foregå mer lineært frem mot leveranse av produksjonsgrunnlag til byggeplass. Det gjør det også enklere å måle fremdrift i modell da man kan planlegge en lineær prosess med økende statusnivåer og sammenligne dette med faktisk status.

For å klare å måle fremdriften i BIM-modellen i forprosjektet på Nytt RKV ble forprosjektet delt inn i tre trinn, trinn 3-5. Trinn 3 gikk ut på å finne alternative løsninger og fremdriften ble her målt på oppgaver og ikke i BIM.

I Trinn 4 ble valgte løsninger modellert og dermed fulgte resterende prosjektering en tilnærmet lineær prosess og fremdriften kunne måles i BIM-modellen.

Trinn 5 inneholdt dokumentproduksjon og sammenstilling før leveranse av forprosjekt og her ble fremdriften målt på dokumentleveranseplan.

De tre trinnene var overlappende og både trinn 4 og 5 gikk helt frem til leveranse.

Fremdriftsmålingen i BIM på Nytt RKV er den mest detaljerte metoden av de tre og årsaken til dette er kravene som ble satt av Statsbygg. Fremdriften ble målt per bygningsdel og med fem ulike grader av ferdigstilling mellom 0-100%. På SUS og PNB ble hele soner satt til samme statusnivå når alle objektene innenfor sonen var klare til gjeldene status. Hver sone var dermed enten 0% eller 100%. Dette forenkler statussettingen betraktelig samtidig som fremdriftsmålingen er mer detaljert og nøyaktig når status settes på hvert enkelt objekt. I store prosjekter vil det kreve mye tid og ressurser for å følge opp en slik fremdriftsmåling

som ble benyttet på Nytt RKV. Samtidig vil det å sette status per kontrollsoner kreve mindre tid og oppfølging og gi en indikasjon på fremdriften i BIM-modellen og en mer samordnet prosjekteringsprosess enn om man ikke benytter noen form for status.

I tabell 9 sammenlignes de ulike statusdefinisjonene som er benyttet på de tre prosjektene. For å lettere se en sammenheng er det valgt å ta med statusene for forprosjekt og detaljprosjekt for de ulike statusdefinisjonene selv om ikke de tre prosjektene har benyttet statuser i alle faser. Statusene som blir benyttet i prosjektene er markert med uthevet tekst. I tabellen er skisseprosjekt forkortet til «SP», forprosjekt til «FP», detaljprosjekt til «DP» og Som Bygget til «S B».

Tabell 9: Sammenligning av statuskodene som ble benyttet i de tre caseprosjektene

Fase	Nytt RKV		SUS		PNB	
	Status	Beskrivelse	Status	Beskrivelse	Status	Beskrivelse
SP	B319	Lvert skisseprosjekt	-		MMI100	Grunnlag forprosjekt
FP	<b>B325</b>	Bygningsdeler modellert	-		MMI200	Hovedgeometri modellert
FP	<b>B327</b>	Bygningsdeler klare for TFK	-		-	
FP	<b>B329</b>	Bygningsdeler klare for leveranse	S0	Modellert objekter	MMI250	Objekter for mengdeuttak modellert
DP	B411	Detalj-prosjekt - oppdatering	S1	Klar for TFK	MMI300	Klar for TFK
DP	B415	Grunnlag for kontrahering	S2	Godkjent TFK	MMI350	TFK ferdig
DP	-		S3	Klart for entreprenør-prosjektering	-	
DP	-		S4	Låst prosjektering	-	
DP	B419	Arbeidsgrunnlag	S5	Klar for bygging	MMI400	Produksjonsunderlag
S B	B440	Som bygget	S8	Som bygget	MMI500	Som bygget

Som vist i tabellen bruker de tre prosjektene varierende antall statuskoder. SUS har fem ulike statuskoder for detaljprosjekt, men praktiserer i hovedsak S5. På PNB har de tre ulike statuskoder i detaljprosjektet og benytter alle tre kodene.

Nytt RKV benytter tre statuskoder i forprosjektet og de to andre prosjektene har færre statuskoder til å måle fremdrift på i denne fasen.

Tabell 3 viser prosessstatuskodene fra BuildingSmart som SUS har tatt utgangspunkt i. Den viser mange ulike statuskoder og SUS har valgt å benytte et utvalg av disse.

På PNB har de også valgt å tilpasse MMI-kodene til prosjektet ved å følge Skanska sin metodikk og legge til MMI-250. Figur 12 viser MMI-statusene som i veiledningen til Fløisbonn, et al. (2018) der det går fra MMI-200 til MMI-300.

Det er altså mulig å tilpasse de ulike metodene og statuskodene til hvert prosjekt så lenge metoden er omforent i hele prosjekteringsgruppen og alle har en felles forståelse av de ulike nivåene.

En annen stor forskjell på metodene er at Nytt RKV har valgt å gå fra 0-100% i forprosjektfasen, mens på SUS og PNB når prosjektet 100% først når «Som bygget» underlaget er ferdig. Henholdsvis status S8 og MMI500. Hvis Nytt RKV skulle benyttet samme metodikk ville det vært små nyanser i månedlig fremdrift i forprosjektet da dette strakk seg over åtte måneder.

På SUS har de valgt å rapportere fremdriften fra BIM-modell hvert halvår. Ved å benytte statusene fra S1-S5 kunne det gitt en god indikasjon på månedlig fremdrift i BIM-modellen, men siden oppdragsgiver ikke har satt noen krav til dette og det var lite kjennskap til bruk av status i modell valgte de kun å rapportere dette i forbindelse med ny baseline for å få inn en ekstra faktor og kvalitetssikring av ny baseline.

Ingen av prosjektene har valgt og kun rapportere fremdriften fra BIM-modellen, men benyttet tradisjonelle metoder i tillegg. I et forprosjekt vil det være et stort behov for tradisjonelle metoder for fremdriftsmåling da mye av prosjektarbeidet foregår utenfor modell gjennom for eksempel notater og rapporter.

I et detaljprosjekt foregår en større andel av prosjektarbeidet i modell, men det vil fortsatt være behov for å sammenligne fremdriften i modell med påløpte timer og inntjent verdi.



## **5.2 FORDELER OG ULEMPER KNYTTET TIL FREMDRIFTSMÅLING I BIM**

Her diskuteres forskningsspørsmålet «Hvilke fordeler og ulemper er knyttet til fremdriftsmåling i BIM?» Kapitlet tar for seg fordeler og ulemper som kom frem av undersøkelsen og sammenligner dette med foreliggende teori og egne erfaringer. Det er valgt å dele inn dette i delkapitler ut ifra hovedresultatene som kom frem av studiet.

### **5.2.1 Utfordringer kan løses tidligere og en mer samsvar mellom fagene**

En av fordelene som kom frem av undersøkelsen var at fremdriftsmåling i BIM bidrar til å løse utfordringer i prosjektet på et tidligere tidspunkt fordi alle fag må starte modelleringen tidligere.

Dette stemmer også med det Nøklebye (2018) skriver i sin masteroppgave, nemlig at MMI bidrar til at disipliner i større grad deler ufullstendig underlag tidligere i prosjektet med andre disipliner. Det samsvarer også med det som står i veilederen for MMI om at disiplinene kommer tidligere inn i modellutviklingen og planlegger sine leveranser i BIM og ser avhengighetene til andres fag objekter og modenhet. Han skriver videre at det vil spare prosjekter for tid og prosjekteringsfeil (Fløisbonn, et al., 2018).

Det å benytte status i modell viser seg altså å bidra til en mer enhetlig prosjektering der fagene har et forhold til hverandres nivåer i modellen og hvilket løp modellen skal følge gjennom økende nivå på statusene.

### **5.2.2 Visualisert fremdrift og mer objektiv fremdriftsmåling**

Visualisert fremdrift var en av hovedfordelene som kom frem av spørreundersøkelsen. Ved å fargesette de ulike statusene og objektene gir det en god visualisering av fremdriften i prosjekteringen. Uten å gjøre dette er det vanskelig å se hvor langt prosjekteringsprosessen har kommet da modellen relativt raskt kan ha høy detaljeringsgrad på objektene og fremstå nokså ferdig.

Bransjen er fremdeles knyttet til arbeidsprosesser som baseres på tradisjonell prosjektering som for eksempel skisser, arbeidstegninger osv., uten BIM (Fløisbonn, et al., 2018).

Før BIM kom inn i bildet var dette hovedleveransene og det var enkelt å vite nivået på prosjekteringen da tegningene hadde ulike navn som for eksempel arbeidstegning.

Ved å benytte BIM i prosjekteringen hentes ferdige og detaljerte objekter fra et bibliotek og «slike objekter kan fremstå med en høyere ferdiggrad enn de egentlig er i forhold til selve prosjekteringsprosessen». MMI ble innført som et standardisert språk for å kommunisere objektenes ferdiggrad og dermed hele modellens fremdrift på entydig måte (Fløisbonn, et al., 2018).

Fremdriftsmåling er ofte basert på en subjektiv vurdering av fremdriften og individets egen erfaring noe som gir fremdriftsmålingen begrensninger i forhold konsistens og objektivitet (Chin, et al., 2004).

Flere av informantene i caseprosjektene mente at fremdriftsmåling i BIM gir en mer objektiv fremdriftsmåling. Det måles konkret på objektenes ferdiggrad og hvis prosjektet har klare sjekklister for hva som skal til for å nå de ulike statusene for objektene i modellen, vil det være liten grad av subjektivitet i målingen.

Fremdriftsmåling vil nok alltid bære preg av en subjektiv vurdering, men ved å benytte fremdriftsmåling i BIM kan det bidra til å senke nivået av subjektivitet.

### **5.2.3 Bedre kontroll på fremdriften og mer nøyaktig fremdriftsmåling**

12 av 16 informanter var enten enig eller helt enig i at fremdriftsmåling i BIM gir en mer nøyaktig fremdriftsmåling. Samtidig påpekte flere at nøyaktigheten er avhengig av at de som modellerer oppdaterer og bruker statuskodene på objektene riktig og hvor hyppig målingene gjøres.

Det henger også sammen med det flere informanter nevnte om at fremdriftsmåling i BIM bidrar til bedre kontroll på faktisk fremdrift da det gir en mer presis måling fremfor tradisjonelle metoder. I tillegg sikrer det at alle fag kommer i gang med modellering tidlig, noe som sikrer bedre kontroll og en mer nøyaktig fremdriftsmåling.

Tradisjonelle metoder for å måle fremdrift har en høyere grad av subjektiv vurdering, noe som gir fremdriftsmålingen begrensninger i forhold til nøyaktighet (Chin, et al., 2004). En mer objektiv fremdriftsmåling vil også bidra til mer nøyaktig fremdriftsmåling og bedre kontroll, men har altså noen avhengigheter. I tillegg vil et prosjekt som nevnt tidligere som regel være avhengig av tradisjonelle metoder for å måle fremdrift, men totalt sett vil et element til i fremdriftsmålingene bidra til en mer nøyaktig fremdriftsmåling totalt sett.

### **5.2.4 Bedre kvalitetssikring i alle faser, men utfordrende med høyt kvalitetsnivå på BIM-objekter**

Graphisoft (2019) hevder at MMI virker kvalitetssikrende i alle faser og Fløisbonn, et al. (2018) mener at MMI hever kvaliteten på tverrfaglige kontroller.

Ved å benytte MMI eller andre former for status vil prosjektet ha et krav til gitt kvalitet for de ulike statusene som gir forutsigbar kvalitet. På modellbaserte prosjekter er det altså mulig å sikre kvaliteten på modellen, som skal bli det ferdige produktet, tidlig i prosjektet.

I prosjekter der tegninger er hovedleveransen i stedet for modell er det først når tegningene produseres at de som vurderer fremdrift kan se hva som faktisk er produsert. Frem til da har fremdriftsmålingene vært basert på tradisjonelle metoder med skjønnsmessige vurderinger.

Tidligere prosesser og fokus på tegninger har en tendens til å henge igjen i prosjektorganisasjonen, men i modellbaserte prosjekter er modellen hovedleveransen. Ved å ha mer fokus på modellen underveis i prosjektet og i fremdriftsmålingen vil det bidra til en bedre kontroll på kvaliteten av leveransen. En av informantene nevnte at det var viktig å redusere fokuset på 2D og tegninger og mer fokus på modellen for å optimalisere fremdriftsmåling i BIM.

Samtidig skriver en av informantene at det kan være vanskelig å ha høyt nok kvalitetsnivå på BIM-objektene for at fremdriftsmålingen skal bli mest mulig riktig. Innføring av status i modell vil gi en ekstra parameter i modellen som må benyttes og oppdateres og det kan være krevende å få til dette i et prosjekt hvis det ikke tilrettelegges med ressurser. Det kan derfor diskuteres om kvalitetssikringen øker ved innføring av statuskoder.

Bruk av status gir også mer fokus på hva som er skapt. Ved å se på modenheten som er produsert vil oppgavene eller produktets verdi bli sporet på en bedre måte enn ved inntjent verdi. I tillegg kan det hindre revisjoner av arbeidet fordi tverrfaglig kontroll utføres tidligere. Kvalitetssikringen blir en del av prosjekteringen når alle prosjekterer i en modell og fagene kan se hverandres underlag til enhver tid. På den måten vil forhåpentligvis grensesnitt mellom alle fag bli plukket opp underveis i prosjektet og hvis tegninger skal produseres ut av modellen vil disse være ferdig koordinert og klare til leveranse.

Fløisbonn, et al. (2018) hevder at MMI kan redusere feil i prosjekteringen. I de tre caseprosjektene er samtlige fag involvert i modellen fra tidlig i prosjektet og BIM-modellen benyttes som underlag mellom de ulike fagene. Ved å innføre status i modellen vil problemet knyttet til å se ferdiggraden av BIM-modellen minke betraktelig, noe som vil bidra til økt kvalitetssikring spesielt i tidligfase og på denne måten mindre feil.

Ved å benytte BIM i tidligfase vil det bidra til at prosjekteringsgruppen tidlig kan oppdage feil og mangler i modellen som bidrar til en mindre grad av dette senere i prosjekteringen. Tidlig modellkoordinering hindrer unødvendig omprosjektering senere og bidrar til at arbeidsgrunnlaget til entreprenørene er godt koordinert helt fra start. Dette kan videre bidra til færre feil på byggeplass. Det gir økt kvalitet på sluttresultatet og en økt effektivitet under bygging.

### **5.2.5 Manglende erfarings- og kunnskapsnivå og gode verktøy**

En av ulempene informantene kom med var at det var varierende og liten erfaring og kunnskap i prosjekteringsgruppen knyttet til fremdriftsmåling i BIM og bruk av status i modell. Hooper (2015) skriver at mangel på praktisk og felles forståelse av hva statuskoder er og hva den kan brukes til fører til at det er få tilfeller der statuskoder blir vellykket implementert i et prosjekt.

I en prosjekteringsgruppe kan det være stor variasjon i kunnskapsnivået knyttet til statuskoder. Noen kan ha brukt statuser i tidligere prosjekter og ha god kunnskap og kjennskap til dette, mens andre har kanskje aldri hørt om MMI eller andre type statuskoder. Dette kan skape stor forvirring i prosjekteringsgruppen blant de som jobber i modellen. Det er derfor viktig med gode rutiner og retningslinjer i tillegg til opplæring i bruk av statuskoder slik at alle opparbeider seg et visst kunnskapsnivå. Det vil kunne dempe forvirringen og minke muligheten for feil bruk av status og feil i fremdriftsmålingen.

Informantene mente også at det manglet gode verktøy for å måle fremdrift i BIM-modellen og at dette er et stort potensial for å forbedre prosessen og minke tidsbruken.

### 5.2.6 Tidsbesparende kontra tidskrevende

Fløisbonn, et al. (2018) skriver at bruk av MMI i prosjekter kan bidra til å spare tid ved at disiplinene enklere kan planlegge BIM-leveranser i samme område til samme tid. Dette kan diskuteres og mangle vil nok være uenig i det Fløisbonn skriver. Flere av informantene mente det var tidkrevende for de som må følge opp statussettingen og 10 av 16 var enig eller helt enig i at fremdriftsmåling i BIM var mer tidkrevende enn tradisjonelle metoder for å måle fremdrift.

I tegningsløse prosjektet kan man spare mye tid ved å slippe å levere tegninger. Selv om de lages direkte ut av modellen, må de kontrolleres og tekstes. Da kan MMI eller andre statuskoder bidra til økt kvalitetssikring og tidsbesparelse slik Fløisbonn, et al. (2018) hevder. I prosjekter med både modell- og tegningsleveranser vil derimot innføring av statuskoder i modell kreve mer tid av de som jobber i modell om de ikke har god kjennskap til dette fra før. Samtidig vil statuser i modellen bidra til at prosessen styres og kvalitetssikres underveis og at egenkontroll og tverrfaglig kontroll allerede er utført i stor grad når tegningene produseres.

Nøklebye (2018) mente det var positivt å styre status i modellen på seksjoner eller soner i stedet for individuelle objekter noe som også vil være tidsbesparende. Da kan status settes på alle objektene i en sone samtidig eller alle søyler i en etasje i stedet for hvert enkelt objekt eller søyle, avhengig av hvordan man deler inn modellen i soner. SUS og PNB satt og målte status per sone, mens Nytt RKV valgte å styre status på individuelle objekter noe de mente var svært tidkrevende.

Ved å innføre status i modell og planlegge modellfremdriften med økende statusnivåer til gitte tidspunkter i prosjektet vil det tvinge de prosjekterende til å jobbe mot disse fristene og gi potensiale for å spare tid. Da er det viktig at de prosjekterende har vært med på å planlegge fremdriftene og at avhengigheter mellom de ulike fagene er nøye planlagt.

## 5.3 FORBEDRINGSMULIGHETER OG FORUTSETNINGER

Her diskuteres det tredje forskningsspørsmålet «Hva kunne vært gjort annerledes i planleggingen og underveis i prosjektet for at fremdriftsmåling i BIM kunne fungert bedre og hvilke forutsetninger må ligge til grunn?»

### 5.3.1 Excel-ark og fasestatus

Av de tre prosjektene er det nok Nytt RKV som har den mest omfattende metoden for å måle fremdrift i BIM, noe som skyldes kravene som ble satt av byggherren. Fordelen er at metoden gir en detaljert fremdriftsmåling fra modellen, men siden den er såpass omfattende og tidskrevende ble den vanskelig å følge opp.

For at denne metoden skulle fungert bedre mente informantene at det måtte vært definert tydeligere krav til kvantitet og kvalitet for de ulike bygningsdelene for de ulike statusene. Altså en tydelig sjekklister over hva som skal til for å oppnå de ulike statusene. I et forprosjekt kan det være mer krevende å definere resultatet av BIM-modellen underveis siden det modelleres ulike løsninger i en iterativ prosess. Etter hvert som flere prosjekter benytter status i modell også i tidligfase kan erfaringsoverføring være en god forbedringsmulighet. Hvis et prosjekt utarbeider en god sjekklister kan denne benyttes videre i andre prosjekter.

En informant mente at det hadde vært en fordel og benyttet MMI i stedet for Statsbygg sine fasestatuser. Da hadde det kanskje vært flere prosjektet man kunne hentet informasjon og erfaringer fra siden hensikten med MMI og veiledningen som ble laget var å beskrive et felles standardisert språk (Fløisbonn, et al., 2018).

Informantene mente også at det innledningsvis i prosjektet må beskrives tydelig prosedyrer for hvordan og når status skal settes i modell og gi opplæring til de utførende slik at de klart forstår hva som skal måles og rapporteres i de ulike fasene og hvordan dette skal gjøres. Det er helt avgjørende for fremdriftsmålingen at statusene settes på riktig måte og at de som setter status har forstått metodikken. Hvis det settes feil status i modellen vil fremdriftsmålingen være basert på feil informasjon.

Bedre verktøy var også en av forbedringsområdene som kom frem av undersøkelsen. Store og avanserte excel-matriser var det som ble benyttet og det krevde mye tid og oppfølging. Mer anvendelige og automatiserte programmer som for eksempel Jira og PIMS ble foreslått som alternativer. Det vil kunne forbedre visningen av fremdriften og forenkle selve rapporteringsprosessen hvis man finner gode verktøy. Matrisene som ble benyttet var en kilde for feilrapportering da de manuelt valgte fremdriften for hver enkelt bygningsdel. I mer tilrettelagte programmer kunne fremdriftsprosessen kommet automatisk ved fullført oppgave. På denne måten ville sjansen for feil i fremdriftsrapporteringen minket og prosessen ville vært mye mindre tidkrevende.

På Nytt RKV skal de nå i gang med en ny forprosjekt-fase og de ønsker å ta i bruk MMI-metodikken. De vil forenkle prosessen med fremdriftsmåling i BIM og utarbeide sjekklister som må fullføres for å oppnå de ulike MMI-nivåene. De har valgt å legge inn flere MMI-nivåer for å ha tilstrekkelig antall steg å måle opp mot.

### 5.3.2 MMI-metodikk

På PNB benyttet de MMI-metodikken i detaljprosjektet og selv om det kom frem mange fordeler fra informantene på prosjektet hadde de også noen forbedringspunkter for å optimalisere fremdriftsmålingen.

Et av punktene som kom frem av undersøkelsen var organisering og BIM-ansvarlige.

Prosjektet har ikke BIM-ansvarlige per fag og tverrfaglig BIM-koordinator i prosjekteringsgruppen. RIF (2015) skriver at BIM-strategi og herunder organisering og roller er et viktig punkt under organisering og oppstart av et prosjekt.

Da de bestemte at de skulle implementere MMI i prosjektet og måle fremdrift i BIM-modellen burde organiseringen i prosjektet vært gjennomgått for å avklare hvilke behov og nye roller som var nødvendig for å klare dette. Det å ikke ha BIM-ansvarlige i et prosjekt kan være en årsak til at fremdriftsmåling i BIM og bruk av statuskoder i modell ikke blir vellykket.

Mer fokus på BIM i alle ledd og opplæring fra start er andre forbedringsmuligheter som kom frem av undersøkelsen. Det er viktig å bevisstgjøre alle medarbeiderne fra start om MMI-metodikken og gi den opplæringen som er nødvendig for at fremdriftsmålingen skal bli riktig. I tillegg skriver en informant at det er viktig at det er en vilje tilstede i alle ledd i organisasjonen og ikke bare hos ledelsen. For å få til dette er det viktig med motivasjon og opplæring og vise hvilke fordeler MMI-metodikken kan gi de ulike fagene.

Informantene skriver også at det burde vært utarbeidet en konkret metode for hvordan MMI skal markeres i modell. I tillegg til veiledninger for gjennomføring i praksis og krav til detaljingsnivå. Uten dette er det vanskelig for de som jobber i modell å sette riktig status på objektene.

For å klare å måle en riktig fremdrift i BIM-modell må det utarbeides sjekklister med krav for oppnåelse av de ulike MMI-statusene. Uten tydelig krav som må oppfylles for å oppnå en høyere status i modell vil det være opp til den som prosjekterer å sette status. Det vil si lite om fremdriften i modellen og kan gi en helt feil fremdriftsrapportering, da det ikke er kvalitetssikret at statusene i modellen er satt på riktig grunnlag.

De mener også at det er vanskelig å få til en god MMI-metodikk og oppfølging når behovet for tegninger ikke reduseres. Da blir i prinsippet MMI et tillegg i prosjektet som krever tid og oppfølging og uten ressurser og BIM-ansvarlige i prosjektet blir det vanskelig å følge opp dette på en tilstrekkelig måte. Ved å redusere tegningsproduksjonen mener de at fokuset på MMI kan økes og det legges til rette for en bedre oppfølging og kvalitetssikring av statusene som settes.

### 5.3.3 BuildingSmart statuskoder

På SUS har de i liten grad målt og rapportert fremdrift i BIM-modellen siden de gjør dette en gang i halvåret. Allikevel har de brukt statuskoder i modell og tatt med seg erfaringer de jobber videre med i prosjektet.

En forbedringsmulighet som kom frem av undersøkelsen var å utarbeide en felles rutine for fremdriftsmåling i BIM. Det er altså det samme som på PNB, at de mangler en rutine for hvordan målingen skal foregå og krav til de ulike statusene.

I tillegg nevner en informant at det er stort sprik mellom de to statusene S0 (modellert objekt) og S1 (objekt klart til TFK). Det er mange timer og mye prosjekteringsarbeid som ligger mellom disse to statusene. Dette gjelder også for MMI og tidligfase.

For å løse dette kan prosjektene definere egne statusen mellom S0 og S1 for å dele inn fasen før TFK i flere milepæler. Da er det viktig med en omforent implementering av nye statuser og ha klare krav til disse statusene så de i organisasjonen forstår hensikten og hva som skal til for å oppnå disse statusene.

På SUS jobber de nå intensivt med parameterberikelse og videreutvikling av metoden de benytter. De har gått igjennom MMI-veilederen og benyttet informasjon her for de ulike statusene. Dette er noe de skriver at kunne vært gjort tidligere i prosessen og hadde MMI-veiledningen vært utarbeidet når de startet med statuskoder ville de benyttet en slik tilnærming i stedet for S-statuser.

Et annet viktig poeng de tar opp er det å knytte beslutningsplan opp mot fremdrift. I tidligfase er det mange beslutninger som skal tas som er helt avgjørende for fremdriften. Det er ikke mulig å vise dette direkte i en modell, men det kan for eksempel implementeres som en del av kravene eller sjekklisten til en av de første statuskodene.

### 5.3.4 Forutsetninger

Fløisbonn, et al. (2018) skriver at forutsetningen for en god BIM-prosess er «å definere omfanget av modellering for fasen prosjekteringen planlegges for» (Fløisbonn, et al., 2018). Defineringen består av å definere modelleringskrav for hver prosjekterende disiplin. Ved bruk av MMI bør derfor hvert fag definere hvilke objekter som skal modelleres i hver fase og hvilken MMI som skal oppnås for de ulike objektene. Dette ble også nevnt av informantene i undersøkelsen ved at det er viktig med en felles forståelse og enighet rundt de ulike statuskodene i hele prosjektorganisasjonene.

De andre forutsetningene som kom frem av undersøkelsen er nevnt og diskutert i kapitlene ovenfor.

## 6 KONKLUSJON

---

Dette kapittelet inneholder konklusjon på de tre forskningsspørsmålene som omhandler fremdriftsmåling i BIM.

### 6.1 METODER FOR FREMDRIFTSMÅLING VED HJELP AV BIM-MODELLEN

Kapittelet inneholder konklusjon på forskningsspørsmålet «Hvordan og hvor ofte har prosjektet målt og rapportert fremdrift ved hjelp av BIM-modellen?»

Studien viser at alle de tre caseprosjektene benytter fremdriftsmåling i BIM, men i forskjellig form, grad og fase. Nytt RKV benytter en relativt avansert og tidkrevende metode og rapporterer fremdriften hver måned. På PNB benytter de MMI-metodikken og rapporterer fremdriften hver måned, mens SUS benyttet S-statuskoder og rapporterer fremdriften fra BIM en gang i halvåret. Alle de tre prosjektene rapporterer i tillegg fremdrift ved hjelp av tradisjonelle metoder og mener det er nødvendig.

Det er lettere og vanligere å måle fremdrift i BIM-modellen i detaljprosjekt, men studiet viser at det også er mulig å gjøre dette i forprosjekt. Det avhenger av klare regelsett og god planlegging av prosjekteringsprosessen. Ved å måle fremdrift i BIM i forprosjekt kan det være vanskelig å forstå hva som er oppnåelsen og hva man egentlig skal måle på. En sjekklisterbasert tilnærming kan være en god metode her, der fagene er med på å formulere sjekklister og spørsmålene som må besvares med ja/nei for å oppnå gitte statusnivåer. I sjekklisten kan man da inkludere avklaringer og ulike løsninger som man er avhengig av i tidligfase.

I detaljprosjektfasen er det enklere å vite hva som skal modelleres og måles og det kan være tilstrekkelig å formulere noen krav til hvert fag for de ulike statusene. I tillegg er det flere entreprenører som er kjent med metodikken og man kan møte en mer positiv reaksjon på innføring av statuskoder i modell i et detaljprosjekt.

Når det gjelder valg av metode er det MMI-metodikken som virker som den mest anvendelige og fornuftige metoden å benytte. Både Nytt RKV og SUS som benytter andre type statuskoder ønsker nå å gå over til en MMI-tilnærming videre i prosjektet. MMI-veiledningen har blitt mer kjent og utbredt blant rådgivende ingeniører og arkitekter og flere entreprenører som for eksempel Skanska bruker en slik tilnærming i sine prosjekter. Det vil være en stor fordel jo flere som blir kjent med metodikken og om MMI-veiledningen kan oppnå sitt formål om å innføre MMI som et standardisert språk for ferdiggraden til objekter. MMI-metodikken har veldig få statuskoder i forprosjekt og mange vil nok også ønske flere statuskoder i detaljprosjektet. Det kan fint tilpasses ulike prosjekter ved å opprette egne koder med egendefinerte krav.

Det konkluderes også med at det er hensiktsmessig å måle og sette statuskoder per kontrollsoner slik Nøklebye (2018) skriver i stedet for per objekt da dette er mindre tidkrevende, men samtidig gir et godt bilde av fremdriften i modell. Det er da avhengig av at kontrollsonene planlegges nøye og at disse har en sammenheng med fremdriftsplanen i prosjektet.



## 6.2 FORDELER OG ULEMPER KNYTTET TIL FREMDRIFTSMÅLING I BIM

Her konkluderes forskningsspørsmålet «Hvilke fordeler og ulemper er knyttet til fremdriftsmåling i BIM?»

Resultatet av undersøkelsen viste at det var mange fordeler med å benytte statuser i BIM og måle fremdrift i BIM-modell, men det kom også frem en del utfordringer og ulemper. Tabell 10 gir en oppsummering av fordelene og ulempene som kom frem av undersøkelsen.

Tabell 10: Fordeler og ulemper med fremdriftsmåling i BIM

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"><li>• Visualisering av fremdriften</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Varierende erfarings- og kunnskapsnivå</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bedre kontroll på faktisk fremdrift kontra planlagt fremdrift og mer presis fremdriftsmåling</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mangel på gode verktøy for automatisk fremdriftsmåling og rapportering</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bidrar til å løse utfordringer tidligere</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En ekstra parameter i modellen som må kontrolleres og måles</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mer objektiv fremdriftsmåling</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utfordrende å ha godt nok nivå/kvalitet på alle BIM-objekter</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mer nøyaktig fremdriftsmåling</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tidkrevende</li></ul>

Ved å benytte statuskoder og farger på disse vil det kunne bidra til å gi en god visualisering av fremdriften i modell. Problemområder synliggjøres tydelig og man kan på en enkel måte se hva som ligger bak planlagt fremdrift. Det kan også være et godt verktøy ovenfor kunden for å tydeliggjøre konsekvensen av endringer og manglende avklaringer. Ved å måle fremdrift i BIM vil fremdriftsmålingen være mindre basert på skjønn enn tradisjonelle metoder og fremdriftsmålingen blir mer objektiv. På denne måten blir fremdriftsmålingen mer eksakt og gir bedre kontroll på faktisk fremdrift. En annen fordel er at BIM-målingene bidrar til at alle fag kommer i gang med modellering tidsnok, noe som ofte er et problem i tidligfase. Dette bidrar til at koordineringen mellom fagene starter tidligere og utfordringer løses tidligere. Med et klart regelsett og sjekklister for de ulike statusene vil også fremdriftsmålingen bli mer nøyaktig så lenge alle er kjent med og følger arbeids- og målemetodene som er satt.

En av de største ulempene er at det fremdeles er relativt nytt for mange å bruke statuskoder i modell og måle fremdrift i BIM-modellen. Det kan være et svært varierende erfarings- og kunnskapsnivå i prosjekteringsgruppa noe som kan skape misnøye og frustrasjon. Uten god opplæring og oppfølging kan dermed fremdriftsmålingen være basert på feil status og gi en misvisende fremdriftsrapportering. Mangel på gode verktøy for rapportering og måling gjør at fremdriftsmålingen fremdeles må baseres noe på skjønn med manuelle verktøy. Statuskodene medfører også en ekstra parameter i modell som må følges opp og oppdateres, noe som kan være utfordrende i en hektisk prosjekteringsprosess. Det blir vanskelig å ha høy nok kvalitet på alle parametere hvis ikke det stilles med tilstrekkelig ressurser. Alle disse punktene gjør i tillegg prosessen tidkrevende.

### 6.3 FORBEDRINGSMULIGHETER OG FORUTSETNINGER

Her konkluderes det tredje forskningsspørsmålet «Hva kunne vært gjort annerledes i planleggingen og underveis i prosjektet for at fremdriftsmåling i BIM kunne fungert bedre og hvilke forutsetninger må ligge til grunn?»

Gjennom studiet har det blitt samlet inn en del erfaringer fra informantene i caseprosjektene og det kom frem en del forbedringsområdet og forutsetninger som må ligge til grunn for å få til en god fremdriftsmåling i BIM. Nedenfor listes det opp det som er konkludert med som de viktigste punktene som kom frem av undersøkelsen.

- Det er viktig å definere sjekklister med tydelige krav til kvantitet og kvalitet for alle fag til hvert statusnivå hvis man skal få til en god og pålitelig fremdriftsmåling. Uten dette vil det være vanskelig å vite når man har oppnådd en ny status og om de som setter status har utført dette på riktig grunnlag.
- Det å utarbeide prosedyre og metode for hvordan de prosjekterende skal utføre fremdriftsmåling og -rapportering er viktig å få på plass før man går i gang. Statuskoder i modell er nytt for mange og siden fremdriftsmålingen er avhengig av at fagene setter status på riktig grunnlag og til riktig tid er det viktig med gode metoder og opplæring i metodikken.
- God organisering og tilstrekkelig med ressurser er en svært viktig forutsetning. For å oppnå en god flyt i fremdriftsmålingen og minst mulig støy for de som prosjekterer er det viktig at alle fag har BIM-ansvarlige som tar et overordnet ansvar for statussettingen og kontrollerer og følger opp dette. I store prosjekter med en stor prosjekteringsgruppe er det også viktig med en tverrfaglig BIM-koordinator som kan følge opp de BIM-ansvarlige per fag og gi den støtten og koordineringen som er nødvendig i prosjektet. Det er viktig å avklare bruken av BIM tidlig i prosjektet og få på plass en god BIM-organisering fra start.
- Byggebransjen har fremdeles en tendens til å ha et stort fokus på tegninger, selv om modellen er svært detaljert og gir gode muligheter for arbeidsgrunnlag og bygging. Samtidig er det et økt fokus på detaljerte modeller og BIM som krever mye tid og ressurser. Det kan være krevende og føles unødvendig for prosjekteringsgruppen å skulle bruke tid på å opprette og kontrollere tegninger. Ved å vende fokus bort fra dette og heller forbedre modellene slik at det enkelt kan brukes på byggeplass uten tegninger vil det kunne friggi tid som kan benyttes til MMI og statuskoder i modell.
- For å oppnå en detaljert og god nok fremdriftsmåling i BIM vil det i mange prosjekter være behov for å tilpasse MMI-statusene og legge til tilstrekkelig antall statuser. MMI-statusene har for eksempel ikke en milepæl for tverrfaglig kontroll i forprosjekt, noe det som regel legges opp til i prosjektene. Ved fremdriftsmåling i BIM og rapportering månedlig bør prosjektet før oppstart definere tilstrekkelig antall statuser og krav til disse og tilpasse dette med fremdriftsplanen.
- For å oppnå en enda mer objektiv fremdriftsmåling som krever mindre tid vil bedre og automatiserte verktøy være et godt hjelpemiddel. Mangel på bruk og test av dette har gitt en begrensning i caseprosjektene og flere gode verktøy ville vært et godt forbedringspotensial til prosessen fremdriftsmåling i BIM.

## 7 REFERANSER

---

AiN og RIF, 2019. *Samspill i bygge- og anleggsprosjekter – Veiledning og kontraktsmaler*. [Online]  
Tilgjengelig på: <https://www.rif.no/wp-content/uploads/2019/11/Veileder-samspill-RIF-AiN-nov-2019.pdf>

[Åpnet: 29.11.2019]

Azhar, S., 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, July, 11(3), pp. 241-252.

BA2015, 2016. *Veileder – Systematisk ferdigstilling*. [Online]

Tilgjengelig på: <https://www.prosjektnorge.no/wp-content/uploads/2017/12/BA2015-systematisk-ferdigstilling.pdf>

[Åpnet: 27.11.2019]

buildingSmart, 2017. *bsNG Statuskoder og fargekoding*. [Online]

Tilgjengelig på: <https://buildingsmart.no/bs-guiden/definisjoner>

[Åpnet: 23.08.2019].

Byggeindustrien, 2016. *Alt om BIM - spørsmål og svar*. [Online]

Tilgjengelig på: <http://www.bygg.no/annonsorinnhold/1290463>

[Åpnet: 06.08.2019]

Byggordboka, 2018. *Entrepriseformer*. [Online]

Tilgjengelig på: <https://www.byggordboka.no/artikkel/les/entrepriseformer>

[Åpnet: 20.08.2019].

Chin, S. et al., 2004. *A Project Progress Measurement and Management System*. Jeju, 21st International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC).

COWI, 2016. *Politiets Nasjonale Beredskapssenter*. [Online]

Tilgjengelig på: <https://www.cowi.no/loesninger/bygninger/politiets-nasjonale-beredskapssenter-norge>

[Åpnet: 30.09.2019]

COWI, 2017. *Stavanger Universitetssykehus*. [Online]

Tilgjengelig på: <https://www.cowi.no/loesninger/bygninger/stavanger-universitetssykehus-norge>

[Åpnet: 01.10.2019]

COWI, 2018. *Nytt Regjeringskvartal i Oslo*. [Online]

Tilgjengelig på: <https://www.cowi.no/loesninger/bygninger/nytt-regjeringskvartal-norge>

[Åpnet: 30.09.2019]

Difi, Anskaffelser, 2019-a. *Byggeprosessen steg for steg*. [Online]

Tilgjengelig på: <https://www.anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg/prosjektering/skisseprosjekt-i-byggeprosjekter>

[Åpnet: 20.08.2019].

- Difi, Anskaffelser, 2019-b. *Byggeprosessen steg for steg*. [Online]  
Tilgjengelig på: <https://www.anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg/prosjektering/forprosjekt-i-byggeprosjekter>  
[Åpnet: 20.08.2019].
- Difi, Anskaffelser, 2019-c. *Byggeprosessen steg for steg*. [Online]  
Tilgjengelig på: <https://www.anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg/prosjektering/detaljprosjektering-i-et-byggeprosjekt>  
[Åpnet: 20.08.2019].
- Difi, Anskaffelser, 2018. *Samspillsentreprise – BAE*. [Online]  
Tilgjengelig på: <https://www.anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendom-bae/gjennomforingsmodeller/samspillsentreprise>  
[Åpnet: 22.08.2019].
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K., 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Fakhimi, A., Majrouhi Sardrood, J., Mazroi, A., Ghoreishi, S. R., and Azhar, S., 2017. Influences of building information modeling (bim) on oil, gas, and petrochemical firms. *Science and Technology for the Built Environment*, 23(6):1063-1077.
- Fløisbonn H. W., et al., 2018. *MMI - Modell Modenhets Indeks* [Online]  
Tilgjengelig på: <https://www.eba.no/globalassets/dokumenter/mmi-utvalget/mmi-modell-modenhets-indeks.pdf>  
[Åpnet: 30.10.2019]
- Gardiner, P. D., 2005. *Project Management. A strategic planning approach*. Palgrave Macmillan.
- Graphisoft, 2019. *MMI- Modell Modenhets Indeks i BIM - prosjekter*. [Online]  
Tilgjengelig på: [http://www.mynewsdesk.com/no/graphisoft-norge/blog\\_posts/mmi-modell-modenhetsindeks-i-bim-prosjekter-81831](http://www.mynewsdesk.com/no/graphisoft-norge/blog_posts/mmi-modell-modenhetsindeks-i-bim-prosjekter-81831)  
[Åpnet: 30.10.2019]
- Hinze, J., 2011. *Construction Planning and Scheduling*. 4. ed. Boston: Pearson.
- Hooper, M., 2015. Automated model progression scheduling using level of development. *Construction Innovation*, 15(4), pp. 428-448.
- Jacobsen, D. I., 2015. *Hvordan gjennomføre undersøkelser?: innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Cappelen Damm akademisk.
- Ledelsesspire, 2013. *Prosjektnekbrytningsstyringsstruktur (PNS/WBS)*. [Online]  
Tilgjengelig på: <http://ledelsesspire.blogspot.com/2013/10/prosjektnekbrytningsstruktur-pnswbs.html>  
[Åpnet: 02.09.2019]

Meland, Ø. H., 2000. *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen - Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko?*, Trondheim: NTNU.

Nøklebye, A., 2018. *Enabling Lean Design with Management of Model Maturity*, Trondheim: NTNU.

ProsjektNorge, u.d.-a. *Verktøy for Fremdriftsstyring*. [Online]  
Tilgjengelig på: <http://v1.prosjektnorge.no/index.php?pagelid=830>  
[Åpnet: 22.08.2019].

ProsjektNorge, u.d.-b. *Fremdriftsrapportering*. [Online]  
Tilgjengelig på: <http://v1.prosjektnorge.no/index.php?pagelid=962>  
[Åpnet: 22.08.2019].

RIF, 2015, *Prosjekteringsledelse i bygge – og anleggsprosjekter*. [Online]  
Tilgjengelig på: <https://www.rif.no/wp-content/uploads/2019/01/PROSJEKTERINGSLEDELSE-I-BYGGE-OG-ANLEGGSPROSJEKTER.pdf>  
[Åpnet: 12.11.2019]

Rolstadås, A., 2011. *Praktisk prosjektstyring*. 5. ed. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.

Skanska, 2018. *Skanska har signert kontrakt med Justis- og beredskapsdepartementet på Politiets Nasjonale Beredskapssenter (PNB)*. [Online]  
Tilgjengelig på: <https://www.skanska.no/hvem-vider/media/pressemedinger/215680/Skanska-har-signert-kontrakt-med-Justis-og-beredskapsdepartementet-pa-Politiets-Nasjonale-Beredskapssenter-PNB>  
[Åpnet: 30.09.2019]

Snl, 2019, *Prosjektgjennomføringsmodell*. [Online]  
Tilgjengelig på: <https://snl.no/prosjektgjennomføringsmodell>  
[Åpnet: 18. juli 2019]

Svalestuen, F., Knotten, V., Lædre, O. & Lohne, J., 2018. Planning the building design process according to Level of Development. *Lean Construction Journal*, pp. 16-30.

Taraldrud info, 2019. *Politiets nasjonale beredskapssenter*. [Online]  
Tilgjengelig på: <https://www.taraldrud.info/politiets-nasjonale-beredskapssenter/>  
[Åpnet: 01.10.2019].

Tjora, A., *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. 3. ed. Oslo: Gyldendal Akademisk, 2013.

UiS, «Vegvisar for bachelor- og masteroppgåva», 2016. [Online]. Tilgjengelig på: [https://student.uis.no/getfile.php/13314649/TN/IKM/Vegvisar\\_for\\_bachelor\\_og\\_mast er.pdf](https://student.uis.no/getfile.php/13314649/TN/IKM/Vegvisar_for_bachelor_og_mast er.pdf).

Wysocki, R. K., 2014. *Effective Project Management*. 7. ed. John Wiley & Sons.

## 8 VEDLEGG

---

Vedlegg 1 – Spørsmål fra spørreundersøkelsen

# Vedlegg 1 - Spørsmål fra spørreundersøkelsen

## Fremdriftsmåling i BIM

1. Hvilket prosjekt jobber/jobbet du i?

- Stavanger Universitetssykehus
- Nytt Regjeringskvartal
- Politiets Nasjonale Beredskapssenter

2. Hvilken rolle har/hadde du i prosjektet

- Prosjektleder adm
- BIM-koordinator tverrfaglig
- Prosjekteringsleder
- BIM-koordinator disiplin
- Planlegger/styring
- Disiplinleder
- BIM-koordinator PG
- Annet (vennligst spesifiser)

3. Hvor mange års erfaring har du

- <5
- 5-10
- 10-20
- >20

4. Hvilken erfaring og bakgrunn har du med BIM?

5. Måles fremdriften i prosjektet i BIM-modellen?

- Ja, bare i BIM
- Ja, i tillegg til tradisjonelle metoder
- Nei, bare tradisjonelle metoder

Hvis det også benyttes tradisjonelle metoder, hvilke metoder benyttes?

6. Hvis ja: Hvor ofte måles fremdriften i BIM?

- |                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| <input type="radio"/> Daglig   | <input type="radio"/> Hvert halvår |
| <input type="radio"/> Ukentlig | <input type="radio"/> Hvert år     |
| <input type="radio"/> Månedlig |                                    |

7. Hva vil du trekke frem som fordelene med å benytte BIM i fremdriftsmåling og -rapportering?

8. Hvor enig er du i at BIM gir en mer nøyaktig måling av fremdriften?

- |                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| <input type="radio"/> Helt enig | <input type="radio"/> Helt uenig |
| <input type="radio"/> Enig      | <input type="radio"/> Vet ikke   |
| <input type="radio"/> Uenig     |                                  |

Begrunn svaret ditt i feltet under

9. Hva vil du trekke frem som ulempene med å benytte BIM i fremdriftsmåling og -rapportering?



10. Hvor enig er du i at fremdriftsmåling i BIM er mer tidkrevende enn tradisjonelle metoder for å måle fremdrift?

Helt uenig

Helt enig

Uenig

Vet ikke

Enig

Begrunn svaret ditt i feltet under

11. Hva mener du kunne vært gjort annerledes under planleggingen og underveis i prosjektet for at fremdriftsmålingen i BIM skulle fungert bedre?

12. Har du forslag til hvordan metoden kan videreutvikles?

Ja

Nei

Hvis ja: Beskriv forslagene under

13. Hvilke forutsetninger må ligge til grunn for å benytte BIM i fremdriftsmålingen?