

Theodor Høitomt Dahl

Digitalisering av rehabiliteringsprosjekter

Utfordringer og tiltak for implementering av BIM
og skanneteknologi

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Eilif Hjelseth

Juni 2023

Theodor Høitomt Dahl

Digitalisering av rehabiliteringsprosjekter

Utfordringer og tiltak for implementering av BIM og
skanneteknologi

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk
Veileder: Eilif Hjelseth
Juni 2023

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



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Formålet med studien er å utforske hvilke utfordringer som hindrer digitalisering av rehabiliteringsprosjekter, og hvilke tiltak som kan redusere utfordringene. Studien har til formål å se på et bredere aspekt enn kun den teknologiske utviklingen, hvor utvikling av prosess, atferd, kunnskap og kompetanse står sentralt. Den overordnede problemstillingen er:

“Hvilke utfordringer og tiltak påvirker bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter?”

Relevante data er hentet inn ved kvalitative forskningsmetoder i form av litteraturstudie og dybdeintervjuer. Litteraturstudiet danner grunnlaget for det teoretiske rammeverket, mens dybdeintervju av 11 intervjuobjekter danner grunnlaget for empiri, erfaring og dagens gjeldende praksis. Intervjuobjektene er aktører som inngår i rehabiliteringsprosjekter, henholdsvis offentlige byggherrer, entreprenører, konsulenter og oppmålere.

Det oppleves manglende litteratur innen prosesser for bruk av BIM og skanning i rehabiliteringsprosjekter. Hovedutfordringen for bruk av BIM hevdes å være modellering av den eksisterende bygningsmassen, som følge av usikkerhet tilknyttet informasjonsgrunnlaget. For å redusere denne usikkerheten, beskrives skanneteknologi som et godt verktøy for innhenting av et oppdatert informasjonsgrunnlag.

Funn fra intervjuene bekrefter at en utfordring med rehabiliteringsprosjekter omhandler usikkerheten rundt den eksisterende bygningsmassen. Skanneteknologi hevdes derfor å være avgjørende for å hente inn et oppdatert informasjonsgrunnlag for videre digitalisering. Implementering av skanneteknologi er i en startfase, hvor programvare, manglende forståelse for prosess, tradisjonell atferd, manglende kunnskap og manglende kompetanse begrenser implementeringen av teknologien i rehabiliteringsprosjekter.

Studien konkluderer med at de nevnte utfordringene resulterer i utydelig definering av behov, forventninger som ikke harmonerer med det definerte behovet, manglende digital kompetanse blant konsulenter, implementering av ny teknologi i gamle arbeidsprosesser, utilstrekkelige kravspesifikasjoner for bruk av BIM, endringer underveis i byggeprosessen og motvilje til å investere i ny teknologi, kunnskap og kompetanse blant byggherrer.

Teknologien utvikles stadig, hvor det med tiden blir teknisk enklere å prosessere og bruke punktsky i BIM-modelleringsprosesser. Helhetlig prosess anses derfor som viktigere enn programvare og produkt, for økt nytte av BIM og skanneteknologi i fremtidens rehabiliteringsprosjekter.

Abstract

The purpose of the study is to examine the challenges that limit the digitalization of refurbishment projects and identify measures to reduce these challenges. The study aims to examine a broader aspect beyond technological development, focusing on the development of processes, behavior, knowledge, and competence. The overall research question is:

“What challenges and measures affect the use of BIM and scanning technology in refurbishment projects?”

Relevant data has been collected through qualitative research methods, including literature review and in-depth interviews. The literature review forms the basis for the theoretical framework, while the in-depth interviews with 11 participants provide empirical data, experiences, and current practices. The interviewees include stakeholders involved in refurbishment projects, such as public clients, contractors, consultants, and surveyors.

There is a perceived lack of literature on processes related to the use of BIM and scanning in refurbishment projects. The main challenge for the use of BIM is stated to be the modeling of the existing building stock due to uncertainty associated with the information foundation. To mitigate this uncertainty, scanning technology is described as a valuable tool for obtaining updated information.

Findings from the interviews confirm that a challenge in refurbishment projects relates to uncertainty about the existing building stock, and therefore, scanning technology is deemed important for acquiring an updated information foundation for further digital project planning. The implementation of scanning technology is in its early stages, with software, limited process understanding, traditional behaviors, lack of knowledge, and inadequate competence limiting its adoption in refurbishment projects.

The study concludes that the aforementioned challenges result in unclear definition of needs, mismatched expectations, lack of digital competence among consultants, integration of new technology into old work processes, insufficient specifications for BIM usage, changes during the construction process, and reluctance to invest in new technology, knowledge, and competence among clients.

Technology continues to evolve, and over time, it will become technically easier to process and utilize point cloud data in BIM modeling processes. Therefore, a holistic approach is considered more important than software and products for maximizing the benefits of BIM and scanning technology in future refurbishment projects.

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet i regi av Institutt for Bygg- og Miljøteknikk, med fordypning innen prosjektledelse. Oppgaven markerer slutten på et femårig sivilingeniørstudie ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, våren 2023.

Jeg ønsker å rette en takk til alle intervjuobjektene som valgte å sette av sin tid til å dele verdifull kunnskap og erfaring. Videre ønsker jeg å rette en stor takk til min interne veileder, Eilif Hjelseth, for støtte, oppfølging og faglige diskusjoner under utarbeidelsen av både prosjekt- og masteroppgave.

Avslutningsvis ønsker jeg å rette en stor takk til mine medstudenter for minnerike år, utfordringer og gode stunder.

Trondheim, Juni 2023

Theodor Dahl

Theodor Høitomt Dahl

Innhold

Sammendrag	v
Abstract	vii
Forord	ix
1 Innledning	1
1.1 Tema og bakgrunn	1
1.2 Prosjektoppgave	2
1.3 Problemstilling	2
1.4 Avgrensninger	3
1.5 Samarbeidspartnere	3
1.6 Struktur på studien	4
2 Metode	5
2.1 Generelt om forskningsmetoder	5
2.2 Valg av metode	5
2.3 Litteraturstudie	6
2.4 Dybdeintervjuer	9
2.5 Gjenbruk av prosjektoppgave	15
3 Teori	16
3.1 BIM	16
3.2 Rehabilitering av eksisterende bygningsmasse	19
3.3 BIM i rehabiliteringsprosjekter	21
3.4 BIM-modelleringsprosess for eksisterende bygningsmasse	22

3.5	Innovasjon	27
3.6	Byggeprosess	29
3.7	Forutsetninger for digital byggeprosess	33
4	Resultater	40
4.1	Rehabiliteringsprosjekter	41
4.2	BIM i rehabiliteringsprosjekter	41
4.3	BIM-modelleringsprosess for eksisterende bygningsmasse	46
4.4	Innovasjon	50
4.5	Digital byggeprosess i rehabiliteringsprosjekter	52
4.6	Forutsetninger for digital byggeprosess	55
4.7	Tiltak for å redusere utfordringene	64
5	Diskusjon	66
5.1	Utvikling av BIM og skanning i rehabiliteringsprosjekter	66
5.2	Utfordringer for BIM og skanning i rehabiliteringsprosjekter	72
5.3	Tiltak for å redusere utfordringene	77
5.4	Samlet vurdering	79
6	Konklusjon	80
6.1	BIM i rehabiliteringsprosjekter	80
6.2	Videre arbeid	83
	Referanser	84
	Vedlegg	89

Figurer

1	Vellykket BIM-plattform (Hardin & Mccool, 2015)	17
2	BIM sin utvikling i BAE-sektoren (Penttilä et al., 2007)	18
3	BIM in the narrow and broader sense (Volk et al., 2014)	18
4	BIM-modelleringsprosess for nye og eksisterende byggverk (Volk et al., 2014)	22
5	BIM-modelleringsprosess for nye og eksisterende bygg (Volk et al., 2014)	23
6	Data capture for eksisterende bygningsmasse (Volk et al., 2014)	24
7	Innovasjonsbeslutningsprosess (Sahin, 2006)	27
8	Generell byggeprosess (Eikeland, 2001)	29
9	Usikkerhet og akkumulerte kostnader (Eikeland, 2001)	30
10	Usikkerhet og tilgjengelig informasjon Samset (2015)	31
11	Tidsbruk digital byggeprosess (Stoor Team, 2020)	32
12	BIM-basert planleggingsprosess (Borrmann et al., 2018)	32
13	Informasjonstap tradisjonell arbeidsflyt vs digital arbeidsflyt (Borrmann et al., 2018)	33
14	PIM og AIM (ISO 19650-1, 2018)	38
15	Informasjonskrav i informasjonsleveransesyklus (ISO 19650-1, 2018) . . .	38
16	Informasjonskrav for informasjonsutveksling (ISO 19650-1, 2018)	39
17	Dagens oppfattelse av teknologi, prosess og atferd.	71
18	BIM i rehabiliteringsprosjekter	79
19	BIM i rehabiliteringsprosjekter	82

Tabeller

1	Struktur på studien	4
2	Omfangssøk	6
3	Eksempel på filtrering av søk	7
4	Elimineringskriterier	7
5	Seleksjon av intervjuobjekter med tilhørende tilleggsinformasjon	11
6	Økonomiske utfordringer med rehabiliteringsprosjekter (Lund et al., 2016)	20
7	Utfordringer med rehabiliteringsprosjekter (Lund et al., 2016)	20
8	Data capture (Volk et al., 2014)	25
9	Utfordringer med digital kompetanse (Oscar-Andersen, 2020)	35
10	Gjengivelse av intervjuobjekter	40
11	Tiltak for å redusere utfordringene	64

Begrep/forkortelse

Ettersom ord og begrep kan brukes forskjellig blant aktørene i bransjen, har listen som formål å tydeliggjøre hvilken betydning de har for denne studien.

Atferd	Handlinger, holdninger, tankesett, praksiser og vilje til endring.
As-built	Digital rekonstruksjon av eksisterende bygningsmasse
Behovsavklaring	Identifisering, kartlegging og definering av behov.
BIM	Bygningsinformasjonsmodellering.
IFC	Industry Foundation Classes. Åpent, standardisert filformat for utveksling av informasjon og data.
Informasjonsgrunnlag	Informasjon om den eksisterende bygningsmassen.
Informasjonsunderlag	Utarbeidet modell eller tilhørende datasett basert på informasjonsgrunnlaget.
Samhandling	Koordinert og integrert arbeidsprosess for samarbeid og deling av informasjon, kunnskap og erfaring mellom aktørene.
Prosjektgrunnlag	Synonym for informasjonsgrunnlag.
Prosjekteringsunderlag	Synonym for informasjonsunderlag.
Punktsky	Innsamlet data for den eksisterende bygningsmassen gjennom skanning.

1 Innledning

I dette kapittelet vil bakgrunn for valg av problemstilling og tilhørende forskningsspørsmål bli presentert. Videre vil studiens avgrensninger og omfang bli definert, etterfulgt av en leserveiledning som gir oversikt over oppgavens struktur.

1.1 Tema og bakgrunn

Nitter (2020) hever at de mest bærekraftige byggene allerede eksisterer, og at rehabilitering av den eksisterende bygningsmassen burde bli prioritert i tiden fremover. Det anslås at om lag 70-80% av den eksisterende bygningsmassen fortsatt vil være i bruk frem mot 2050 (Kynbråten & Larsstuen, 2015). Den tekniske tilstanden varierer, noe som gjenspeiler et behov for rehabilitering i tiden frem mot 2050.

På linje med andre bransjer har bygg-, anleggs- og eiendomsnæringen (BAE-næringen) opplevd en teknologisk utvikling innen bruk av BIM og andre digitale verktøy. De fremste drivkreftene for økt bruk av BIM skyldes strengere krav til ressursbruk, økt fokus på bærekraft, gjenbruk og ressurseffektivitet (Volk et al., 2014). Imidlertid oppleves manglende litteratur innen bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter (Falcão Silva et al., 2021). Mangelen kommer som en konsekvens av at bruk av BIM hovedsakelig har vært rettet mot nybyggingsprosjekter (Sampaio et al., 2022). Falcão Silva et al. (2021) fremmer i den forbindelse et behov for ytterligere forskning innen bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter.

Ikke før på tidlig 2000-tallet begynte BIM å bli implementert i byggebransjen (Penttilä et al., 2007). 80% av den eksisterende bygningsmassen i Europa ble bygget før 1990, som resulterer i manglende BIM-modeller for denne bygningsmassen (Hossain & Yeoh, 2018). En av utfordringene med bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter knyttes derfor til digital rekonstruksjon av den eksisterende bygningsmassen (Falcão Silva et al., 2021). Utfordringene oppstår i forbindelse med anskaffelse av oppdatert informasjonsgrunnlag for den eksisterende bygningsmassen, og bruke dette videre i BIM-sammenheng (Soliman et al., 2020). Det utløser et behov for å hente inn oppdatert informasjonsgrunnlag, enten ved tradisjonelle manuelle metoder eller ved implementering av ny teknologi (Volk et al., 2014).

Fra litteraturen fremkommer implementering av skanneteknologi som et godt verktøy for å skaffe et oppdatert informasjonsgrunnlag. Av den tilgjengelige litteraturen blir det primært fokusert på teknologisk utvikling, med begrenset diskusjon av øvrige faktorer knyttet til implementeringen. I den sammenheng blir prosess, atferd, kunnskap og kompetanse i mindre grad omtalt.

1.2 Prosjektoppgave

Høsten 2022 ble det utarbeidet en prosjektoppgave ved tittelen "Implementering av BIM i driftsfasen - offentlige organisasjoner" i emnet TBM4500 Bygg- og miljøteknikk, fordypningsoppgave. Oppgaven var ment som en grunnleggende kartleggingsstudie, med formål om å undersøke hvilke utfordringer som oppstår ved utarbeidelse av digitale rekonstruksjonsmodeller for eksisterende bygningsmasse.

Studien gjorde funn ved forskjellige utfordringer og barrierer tilknyttet modelleringsprosessen, og foreslo videre forskning innen initiering og bestilling av BIM for eksisterende bygningsmasse. Deler av prosjektoppgaven og dens anbefaling har blitt videreført denne studien, ytterligere definert i kapittel 2.5

1.3 Problemstilling

Med bakgrunn i delkapittel 1.1 Tema og bakgrunn og 1.2 Prosjektoppgave, er det for denne studien valgt å se nærmere på implementering av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter. Som følge av manglende litteratur innenfor valgt tema, er det valgt å rette studien mot dagens gjeldende praksis. Formålet med studien er å se hvilke utfordringer som begrenser bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter, og hvilke tiltak som kan redusere utfordringene. Følgende overordnede problemstilling er i samråd med veilder definert ved:

"Hvilke utfordringer og tiltak påvirker bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter?"

Den overordnede problemstillingen ønsker å belyse relevante aktører som inngår i et rehabiliteringsprosjekt. Herunder entreprenører, konsulenter, byggherrer og oppmålere. Det er ikke ment å fremme en aktør fremfor en annen, og heller ikke å trekke konklusjoner på bekostning av de ulike partene. For å svare til problemstillingen er det utarbeidet ytterligere tre forskningsspørsmål, gitt ved:

- I. Hvordan har utvikling for bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter vært?
- II. Hvilke utfordringer begrenser bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter?
- III. Hvilke tiltak kan føre til at disse utfordringene reduseres?

1.4 Avgrensninger

Studien belyser bruk av BIM og skanneteknologi i byggeprosessen for prosjekter blant store offentlige byggherrer. Driftsfase og andre byggherregrupper vil derfor ikke være en del av innsamlet empiri. Bakgrunnen for avgrensningen er at offentlige byggherrer anses som bransjeledende innenfor valgt tema.

Studien har til formål å tilegne bred kunnskap om utfordringer forbundet med implementering av skanneteknologi. Tilgjengelig teknologi vil bli belyst, men vil ikke bli ytterligere utforsket. Avgrensningene tilknyttet teknologi er gitt ved:

- Studien fordyper seg ikke i tilgjengelige verktøy/metoder for skanning.
- Studien fordyper seg ikke i tilgjengelig programvare for prosessering av punktsky.
- Studien fordyper seg ikke i tilgjengelig programvare for digital prosjektering eller samhandlingsplattformer.

Bakgrunnen for avgrensningen skyldes at hovedformålet med studien ikke er å belyse hvilke verktøy/programvare innen skanning, prosessering og prosjektering med punktsky som finnes, men hvilke utfordringer som hindrer implementering av teknologien i rehabiliteringsprosjekter.

1.5 Samarbeidspartnere

Samarbeidspartnere er for denne studien ment som personer og selskaper som har delt informasjon, egen erfaring og kunnskap. Studien er ikke utarbeidet i samråd med én spesifikk ekstern samarbeidspartner, men fungerer som et samlet resultat av bidrag fra mange ulike aktører. Dette er aktører som har stilt sin tid disponible til gjennomføring av intervjuer. Tid er en begrenset ressurs, og undertegnede er takknemlig for all tid som har blitt stilt disponibel til denne studien.

Videre gis en innføring i aktørene som har bidratt til studien. Med hensyn til anonymitet, har navn på enkeltpersoner og selskaper blitt utelatt.

- Offentlig byggherrer
- Entreprenører
- Konsulenter
- Oppmålere

1.6 Struktur på studien

Studien følger NTNU sin offisielle mal for disposisjon av masteroppgaver, og er delt inn i seks hovedkapitler. Hvert hovedkapittel er videre delt inn i underkapitler. Tabell 1 gir en overordnet oversikt over hovedkapitlene, med kort innføring av innholdet i hvert kapittel.

Tabell 1: *Struktur på studien*

Kapittel 1 - Innledning	For dette kapittelet blir bakgrunn for oppgaven, hovedproblemstilling, tilhørende forskningsspørsmål, avgrensninger, samarbeidspartnere og disposisjon presentert.
Kapittel 2 - Metode	Formålet med kapittelet er å gi leseren en oversikt over valgt metodikk for anskaffelse av relevante data. Dette er blitt gjort ved å presentere studiens fremgangsmetode, samt synliggjøre prosessens styrker og svakheter gjennom en vurdering av disse.
Kapittel 3 - Teori	I teorikapittelet fremlegges relevant teori som studien bygger på. Det teoretiske grunnlaget er forsøkt lagt frem i tråd med forskningsspørsmålene sin rekkefølge.
Kapittel 4 - Resultat	For dette kapittelet vil resultater fra utførte intervjuer bli presentert. Resultatene blir lagt frem i tråd med det teoretiske rammeverket sin disposisjon, for enklere sammenligning av teori og empiri i videre diskusjon.
Kapittel 5 - Diskusjon	Her diskuteres funn fra intervjuene opp mot det teoretiske rammeverket. Formålet med en slik sammenstilling er å kunne foreta vurderinger av ulike dimensjoner for problemstillingen, og på den måten være i stand til å trekke fullverdige konklusjoner.
Kapittel 6 - Konklusjon	I følgende kapittel vil viktige momenter fra teori-, resultat- og diskusjonskapittelet bli hentet ut og vurdert til en samlet konklusjon. Konklusjonen svarer til hovedproblemstillingen, og gir føringer for mulig videre arbeider.

2 Metode

I følgende kapittel vil studiens forskningsmetoder bli presentert, med tilhørende argumentasjon for valg av metode. Videre foretas vurdering av eventuelle svakheter, validitet og pålitelighet for valgt metodikk. Avslutningsvis gis en beskrivelse av hvilke arbeider som har blitt videreført fra tidligere utarbeidet prosjektoppgave.

2.1 Generelt om forskningsmetoder

Ved utarbeidelse av akademiske oppgaver benyttes gjerne kvalitative eller kvantitative forskningsmetoder. Likefult kan en kombinasjon bli brukt. Kvantitative forskningsmetoder baserer seg på å se tendenser og sammenhenger ved innsamling av store tallmaterialer (Johannessen et al., 2016). Innsamlingen og analysen er ofte gitt i form av tall og andre mengdetermer, som gjør forskningsmetoden egnet for testing av hypoteser og sammenligninger av ulike variabler. Ofte brukes dataverktøy til å utføre behandlingen og analysen av det innsamlede materialet.

Kvalitative forskningsmetoder på sin side består av behandling og analyse av kvalitativ data. Thagaard (2013) beskriver det som en forskningsmetode som legger til rette for undersøkelse av årsakssammenhenger og hvordan mennesket kan oppfatte varierende aspekter. Forskningsmetoden er spesielt egnet hvor formålet er å gå i dybden for å danne en helhetlig forståelse av valgt tema. Det tas ikke betydelig utgangspunkt i tidligere utarbeidet forskning, noe som gjør den egnet for tilfeller hvor tidligere forskning er manglende.

2.2 Valg av metode

Den overordnede problemstillingen, med tilhørende forskningsspørsmål, vinkles mot en forståelse av gjeldende praksis i byggebransjen. Vinklingen gjør empiri og subjektive argumentasjoner relevant. Forskningsspørsmålene rettes direkte mot aktuelle aktører i byggebransjen, og besvares best ved egendefinerte betraktninger og erfaringer fra informanter i byggebransjen. Både problemstilling og forskningsspørsmål etterspør dypdykk og helhetlig forståelse av valgt tematikk, som også er forsøkt gjenspeilt i valgt metodikk. Det er derfor benyttet en kvalitativ tilnærming.

Dalland (2020) beskriver bruken av kvalitative forskningsmetoder som en mulighet til å sikre forståelse og dybde, ved å være i direkte kontakt med kilden. Imidlertid forbeholder det en viss form for personlige egenskaper fra begge involverte parter. Kvalitative forskningsmetoder legger opp til at mye informasjon kan bli hentet inn, ved et fåtall undersøkte elementer.

Det er valgt to kvalitative metoder for å svare til problemstillingen, henholdsvis litteraturstudie og intervjuer. Utvalgt litteratur og intervjuobjekter er systematisk og strategisk utført, ved forsøk på å innhente mest mulig relevant informasjon og førstehåndsempiri. Videre innføring av disse gis i 2.3 Litteratursøk og 2.4 Dybdeintervjuer.

Innledningsvis, før arbeid med litteraturstudiet og intervjuer ble igangsatt, ble det gjennomført et møte med tidligere intervjuobjekt fra tidligere prosjektoppgave. Formålet med møtet var å diskutere tema som burde inngå i litteratursøk og intervjuguide. En slik forhåndsvurdering kan ha medført at viktige momenter ikke har blitt forsøkt funnet i litteratursøket, eller satt begrensninger på hvilke funn som ble gjort fra intervjuene.

2.3 Litteraturstudie

Formålet med litteraturstudiet var å kartlegge tilgjengelig informasjon og avdekke eventuelle mangler innenfor valgt tema. I tillegg var hensikten å tilegne grundigere kunnskap og forståelse innenfor valgt tematikk.

Gjennomføring av søk ble gjort i fire ulike søkemotorer for å finne relevante tidsskriftartikler, forskningsrapporter, tidligere utarbeidede masteroppgaver og andre avhandlinger. Primært ble Google Scholar og Science Direct benyttet, i tillegg til Oria og Scopus for å sikre tilstrekkelig bredde på søkene. Søkene ble gjort både på norsk og engelsk.

For å kartlegge ytterligere relevant informasjon fra aktører i byggebransjen, ble det foretatt et generelt litteratursøk i søkemotoren Google. Blant annet ble en forstudie utført på vegne av Standard Norge og informasjon om automatisk prosessering av Trimble Realworks, som leverandør av slike tjenester, hentet inn. Ved slike søk ble det forsøkt å være ekstra kritisk til utgivers troverdighet.

Søket har forekommet i to omganger, hvor det første ble utført i forbindelse med prosjektoppgaven høsten 2022. Litteratursøket for prosjektoppgaven ga grunnleggende funn av litteratur for BIM og prosesser for etablering av BIM for eksisterende bygningsmasse. Tabell 2 gir en oversikt over omfangssøket.

Tabell 2: *Omfangssøk*

Søkefrase	Filter	Google Scholar	Science Direct	Scopus	Oria
BIM	-	1 240 000	27 539	25 282	33 722
BIM, Existing buildings	AND	13 800	5 425	523	570
“BIM for existing buildings”	Anførselstegn	2 510	75	17	19

For denne studien har det blitt gjort ytterligere søk av litteratur innen etablering/bruk av BIM for eksisterende bygningsmasse, og nye søk av litteratur for bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter. For å kartlegge spesifikk informasjon, ble søkemotorenes filter i form av AND og NOT benyttet. Formålet med filterne er å inkludere ønsket litteratur eller utelukke uønsket litteratur. Et eksempel på søk med bruk av filter er gjengitt i Tabell 3.

Tabell 3: *Eksempel på filtrering av søk*

Søkefrase	Filter	Google Scholar	Science Direct	Scopus	Oria
BIM	-	1 240 000	27 539	25 282	33 722
	AND Renovation	17 500	1 176	310	427
	NOT Health	8 610	637	288	397
	AND "Renovation Project"	2 100	176	61	56
	AND "Building Renovation"	2 570	264	66	76
	AND "Building Renovation Project"	337	30	7	7
	NOT Health	146	14	7	6

Selv om ulike søkefraser med ulike filtreringer har blitt brukt, vil de ulike søkene kunne vise til litteratur av mindre relevans for denne studien. Videre ble det gjennomført ytterligere to former for evaluering. Den første evalueringen omhandler eliminering ut fra ulike kriterier, som kan ses i sin helhet i Tabell 4.

Tabell 4: *Elimineringskriterier*

Kriterie	Hvis ja	Hvis nei
1. Er den skrevet på norsk eller engelsk	Fortsett	Forkast
2. Er tittelen relevant	Fortsett	Forkast
3. Er sammendraget relevant	Fortsett	Forkast
4. Er konklusjon relevant	Fortsett	Vurderes
Les gjennom litteratur. Anses som relevant?	TONE	Forkast

For litteratur som ikke ble forkastet av elimineringskriteriene, omhandlet den andre evalueringen en vurdering av litteraturens validitet. Validiteten ble vurdert ut fra TONE-prinsippet, som i følge Overland (2018) er et akronym for:

- T - Troverdighet
- O - Objektivitet
- N - Nøyaktighet
- E - Egnethet

Bakgrunnen for validitetsvurderingen er å bevisstgjøre opphavet til litteraturen som er funnet. Basert på første kriteriet, troverdighet, ble litteraturens opphav, forfatter, utgivelsesår og utgiver vurdert. Objektiviteten ble vurdert ut fra om forfatteren vurderer flere sider av tematikken, og om holdninger, fremstilling og hensikt var nøytrale. Ved vurdering av nøyaktighet ble utgivelsesår, kildeføring og formulering vurdert. Avslutningsvis ble det foretatt en vurdering av egnethet ut fra hvorvidt litteraturen svarer til den overordnede problemstillingen, forskningsspørsmål og om publikasjonen er tilgjengelig i sin helhet. Det har imidlertid blitt brukt litteratur som ikke ligger tilgjengelig i sin helhet. Disse har blitt betraktet som egnet ved tilfeller hvor full tilgang har blitt gitt av forfatter/utgiver ved forespørsel.

Ved å finne relevant litteratur, gir det mulighet for en teknikk kalt "backward snowballing". Metoden går ut på å benytte kildelisten til gjennomgått litteratur, for å finne ny litteratur. Det gir mulighet for å vurdere primærkildens relevans og kvalitet, samt hvordan det har blitt gjengitt i hovedkilden. Metoden har derfor blitt brukt til kvalitetssikring av lest litteratur, samt funn av ny litteratur.

2.3.1 Evaluering av litteraturstudien

En fordel med litteraturstudie er muligheten til å samle inn en betydelig mengde informasjon på forholdsvis kort tid. Tilgangen på litteratur er av en størrelsesorden som medfører varierende kvalitet og pålitelighet av den tilgjengelige informasjonen. Det utløser et behov for å selektere ut egnet litteratur av god kvalitet, ved å være kritisk til kilden. Kildekritiske valg kan ofte være personavhengig, ettersom det er bevisste valg fra leseren som blir tatt.

Bevisste valg på bakgrunn av personavhengighet forsterkes for studier som denne, hvor litteratursøket er utført av én enkeltperson. Ved gjennomførelse av slike studier alene, reduseres muligheten for å foreta utvalg i samråd med andre sine formeninger. Følgelig vil muligheten for at utvalg basert på egne oppfatninger kunne oppstå. Dalland (2020) beskriver dette som "cherry picking", "seleksjonsbias" eller "selection bias". Denne formen for selektering av informasjon baserer seg på å søke etter litteratur som styrker et personlig perspektiv. En negativ effekt vil være at man bevisst, eller ubevisst, utelukker data som motstrider det personlige perspektivet. Det er forsøkt unngått ved ved å være bevisst over utfallet av en slik selektering.

At litteraturstudien er gjennomført av én enkelt student vil også øke muligheten for at eventuelle mistolkninger av data kan oppstå. Relevant litteratur vil potensielt kunne bli unngått, som følge av at søket baserer seg på det ene perspektivet. Effekten av utfordringen vil reduseres dersom den som utfører studien er bevisst på det under prosessen (Dalland, 2020). Det er forsøkt å unngå effekten av nevnt svakehet under analysen av tilgjengelig litteratur ved å ha utfallet i mente.

2.3.2 utfordringer med litteratursøket

Det var utfordrende å finne adekvat litteratur for bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter. utfordringen er knyttet til litteraturens innhold og tilgang på litteraturen i sin helhet. Ved funn av litteratur med begrenset tilgang, hvor overskrifter og/eller sammendrag har blitt vurdert som relevante, har det blitt forsøkt søkt tilgang på komplett litteratur. Ved få tilfeller har fullstendig tilgang blitt innvilget. Litteratur hvor fullstendig tilgang ikke har blitt gitt, har ikke blitt inkludert i grunnlaget for funn av litteratur. Mangel på full tilgang setter begrensninger ved at relevant litteratur kan ha blitt utelatt.

En rekke publikasjoner tar for seg bruk av BIM i nybyggingsprosjekter. Imidlertid oppleves manglende litteratur for bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter. Av den tilgjengelige litteraturen, omhandler disse primært hvordan skanneteknologi kan bli brukt til å hente inn informasjonsgrunnlag for den eksisterende bygningsmassen. Et ytterligere fåtall tar for seg hvordan prosess, atferd, kunnskap og kompetanse kan påvirke implementeringen av den nye teknologien. Det har i den forbindelse blitt forsøkt å identifisere sammenhenger på tvers av tilgjengelig litteratur, ved å kartlegge sammenhengene og plassere dem i riktig kontekst. En utfordring ved sammenligning på tvers av litteraturen er at feiltolkninger og misforståelser kan påvirke funnene.

2.4 Dybdeintervjuer

Problemstillingen søker en forståelse av gjeldende praksis, som gjør empiri og subjektive argumenter relevant. Tranvik (2012) beskriver dybdeintervjuer som en måte å fremme respondentens mening, argumenter, vurdering og beslutninger. Dette gjenspeiles i forskningsspørsmålene da de rettes direkte mot de aktuelle samarbeidspartnerne innad i byggebransjen, og besvares ved egendefinerte betraktninger og tilsluttet erfaring fra ulike perspektiv i byggebransjen.

Gjennom høsten 2022 ble det i forbindelse med prosjektoppgaven gjennomført dybdeintervjuer av to store offentlige byggherrer, hvorav begge blir ansett som bransjeledende innenfor etablering av BIM for eksisterende bygningsmasse. Videre ble det gjennom våren 2023 gjennomført ytterligere intervjuer av entreprenører, konsulenter, offentlige byggherrer og oppmålere, tidligere definert som samarbeidspartnere i kapittel 1.5.

Det har blitt gjennomført 10 dybdeintervjuer med totalt 11 relevante respondenter. I følge Dalland (2020) er det fordelaktig for kvalitativ forskning å ha et moderat utvalg respondenter. Formålet med dybdeintervju er å gå i dybden på valgt tema, fremfor å tilegne en overordnet tilnærming. Å legge mer ressurser i et fåtall objekter anses derfor som hensiktsmessig for å anskaffe tilspisset kunnskap om valgt tema.

Intervjuene ble utelukkende gjennomført som semistrukturerte intervjuer. DiCiccio-Bloom og Crabtree (2006) beskriver denne formen for intervju som mest anvendt innenfor kvalitative forskningsmetoder. Intervjumodellen baserer seg på forhåndsbestemte spørsmål, kombinert med uforberedte supplerende spørsmål underveis. De forhåndsbestemte spørsmålene legger føringer for hvilke tema som blir tatt opp, samtidig som spørsmål som dukker opp underveis legger til rette for åpen dialog mellom korrespondent og respondent. Den åpne dialogen tillater begge parter å fremme subjektive og personlige forhold om aktuelt tema. Samtidig vil oppfølgingsspørsmål legge til rette for at misforståelser blir oppklart.

2.4.1 Intervjuprosessen

På bakgrunn av manglende erfaring med intervjuer, er det valgt å ta utgangspunkt i utarbeidet litteratur for slike prosesser. Intervjuprosessen tar utgangspunkt i deler av Dalen (2011) sine punkter for gjennomførelse av intervju:

1. Definerings av tema og utarbeidelse av problemstilling.
2. Utvelgelse av aktuelle informanter.
3. Utarbeidelse av intervjuguide.
4. Tillatelse til gjennomføring av intervju og besittelse av konfidensiell informasjon.
5. Gjennomførelse av intervju.
6. Transkribering, organisering og bearbeidelse av innhentet materiale.
7. Analysering og tolking av innhentet intervjumateriale.
8. Fremstilling av relevant materiale basert på aktuell teori og problemstilling.
9. Fjerning av sensitiv data gitt fra respondent.

1. Definerings av tema og utarbeidelse av problemstilling

Gjennom prosjektoppgaven høsten 2022 ble det oppdaget manglende litteratur for bruk av BIM og skanneteknologi for modellering av eksisterende bygningsmasse. Videre ble studenten gjort oppmerksom på at den tilgjengelige litteraturen primært fokuserte på teknologisk utvikling, og lite om hvordan prosess, atferd, kunnskap og kompetanse har utviklet seg i takt med den digitale utviklingen. Det økte interessen for å utforske ytterligere hvordan disse faktorene påvirker implementering av skanneteknologi, for bruk av BIM i rehabilitering av eksisterende bygningsmasse.

2. Utvelgelse av aktuelle informanter

Ved utvelgelse av relevante informanter ble gjennomført et strategisk utvalg. I følge (Dalland, 2020) er denne formen for utvelgelse fornuftig, da den baserer seg på å selektere respondenter ut fra egnethet. Med egnethet menes relevant erfaring, kjennskap og kunnskap om aktuelt tema. Fordelen med slik utvelgelse er at hvert intervjuobjekt anses å ha betydelig informasjon om valgt tema. Da studiens problemstilling søker en bred tilnærming til bransjens aktører, ble utvalget rettet mot aktørene som inngår i et rehabiliteringsprosjekt. Utvelgelsen ble i den forbindelse rettet mot offentlige byggherrer, entreprenører, konsulenter og oppmålere.

Utvelgelse av relevante intervjuobjekter har forekommet ved fire omganger. Til å begynne med ble det tatt utgangspunkt i en liste over VDC-kursdeltakere 2022/2023, tildelt fra veileder. Videre ble det gjennomført et ytterligere møte med tidligere intervjuet offentlig byggherre fra prosjektoppgaven. Den ene konsulenten ble hentet fra byggherrens anbefaling. For utvelgelse av relevante entreprenører ble tidligere arbeidskollega i entreprenørbransjen forespurt om kjennskap til relevante intervjuobjekter. To av entreprenørene ble valgt ut fra gitt anbefaling. Avslutningsvis ble oppmålerne valgt ut fra et søk etter aktører som utfører skanning av eksisterende bygningsmasse.

Ved å foreta en grundig orientering i forkant av forespørsel om samarbeid, ble muligheten for å forespørre uegnede aktører redusert. Videre ble forespørsel om samarbeid tilsendt de selekterte aktørene. Tabell 5 gir en innføring i hvilke aktører som har inngått i intervjuprosessen. Av hensyn til personvern er all data gitt i studien anonymisert. Sitering og annen informasjon vil i den forbindelse bli gjengitt ved deres respektive yrke. En av konsulentene er arkitekt, mens den andre er rådgivende ingeniør. For å anonymisere gitte siteringer, blir både rådgivende ingeniør og arkitekt betegnet som konsulent.

Tabell 5: *Seleksjon av intervjubjekter med tilhørende tilleggsinformasjon*

<i>Intervju</i>	<i>Yrke</i>	<i>Lokasjon</i>	<i>Erfaring</i>	<i>Gjennomførelse</i>
1	Offentlig byggherre	Trøndelag	31 år	Fysisk
2	Offentlig byggherre	Trøndelag	10 år	Fysisk
3	Entreprenør	Møre og romsdal	9 år	Digitalt
4	Konsulent	Trøndelag	28 år	Fysisk
5	Offentlig byggherre	Oslo	40 år	Digitalt
6	Entreprenør	Oslo	6 år	Digitalt
7	Oppmåler	Hamar	20 år	Digitalt
8	2stk Entreprenører	Oslo	23 år og 25 år	Digitalt
9	Konsulent	Oslo	7 år	Digitalt
10	Oppmåler	Stavanger	16 år	Digitalt

3. Utarbeidelse av intervjuguide

Som en konsekvens av begrenset erfaring med gjennomføring av intervju, ble utarbeidelse av intervjuguide i forkant av intervjuets gjennomgang ansett som fordelaktig. Dalland (2020) beskriver intervjuguide som et verktøy for å legge til rette for at kunnskap kan deles gjennom en samtale. Tidlig i prosessen med utarbeidelse av intervjuguide, ble det gjennomført et møte med tidligere intervjuet offentlig byggherre fra prosjektoppgaven. I møtet ble viktige aspekter som burde inngå i intervjuguiden diskutert. Intervjuguiden har tatt utgangspunkt i en kombinasjon av veiledning gitt fra offentlig byggherre, intern veileder og egne betraktninger.

Ved utarbeidelse av intervjuguiden, ble det lagt vekt på å etablere forholdsvis åpne spørsmål. Sammensetningen av åpne spørsmål og semistrukturert intervjumodell tillater intervjuobjektet å dele egne beskrivelser og erfaringer innenfor valgt tema (DiCiccio-Bloom & Crabtree, 2006). Tilleggsvis var det utarbeidet tilhørende underpunkter for hvert spørsmål. Underpunktene var ikke ment som føringer for samtalen, med mindre det ble oppdaget at intervjuobjektet sporet veldig av fra ønsket tema. Disse var ikke en del av tilsendt intervjuguide, og ble kun brukt som hjelpemiddel for oppfølgingsspørsmål underveis i intervjuene.

Innledningsvis ble det stilt innledende spørsmål om intervjuobjektets alder, bakgrunn og erfaring innenfor valgt tema. Formålet med en slik innledning er todelt: 1) En tidlig orientering av intervjuobjektet. 2) Få intervjuobjektet til å føle seg komfortabel og avslappet. Dalen (2011) beskriver denne formen for innledning, "traktprinsippet", som egnet da den får intervjuobjektet gradvis til å fokusere mer på de kommende spørsmålene.

Intervjuguiden består av 15 spørsmål. Bakgrunn for valgt antall spørsmål var et ønske om å ikke utarbeide for mange spørsmål. Ved å stille et moderat antall spørsmål legger intervjuguiden opp til at intervjuobjektet enklere kan ha følelsen av å kunne ta seg god tid til å svare utfyllende på hvert spørsmål. Sammenlignet med et større sett spørsmål, vil intervjuobjektet kunne føle på et tidspres for å nå gjennom alle spørsmålene, og dermed forhaste seg. Det har blitt forsøkt unngått, da personlige erfaringer, synspunkter og drøftinger er det som danner grunnlaget for å svare til problemstillingen.

Spørsmålene er forsøkt kategorisert kronologisk med forskningsspørsmålene. Dette for å forenkle innsamlingen av gitt informasjon i fasen etter endt gjennomførelse. Spørsmål i kategorien ja/nei-spørsmål er forsøkt unngått, og har hovedsakelig kun blitt benyttet til oppfølgingsspørsmål hvor nevnte opplysninger har vært uklare. Intervjuguiden kan ses i sin helhet i Vedlegg 3.

4. Tillatelse til gjennomføring av intervju og besittelse av konfidensiell informasjon

Gjennomføring av intervju kan medføre besittelse av personopplysninger og konfidensiell informasjon. Tidlig i prosessen ble det utarbeidet et informasjonsskriv, gitt i Vedlegg 1, og en samtykkeerklæring gitt i Vedlegg 2. Begge skrivene ble tilsendt intervjuobjektene for gjennomgang og signering før intervjuets gjennomgang. Dette ble gjort for å sikre en felles forståelse av bearbeidelse og lagring av innhentet informasjon.

5. Gjennomførelse av intervju

Intervjuene ble gjennomført våren 2023, og baserte seg primært på overnevnte punkter. Alle intervjuene tok utgangspunkt i intervjuguiden, og ble supplert med oppfølgings-spørsmål der det var uklarheter i gitt informasjon. Intervjuguiden ble sendt ut 2-4 dager før intervjuets gjennomgang, for å påse at intervjuobjektet fikk mulighet til å danne seg en formening om hvilke hovedpunkter som var ønskelig å legge frem.

Som illustrert i Tabell 5, ble størst andel av intervjuene gjennomført digitalt. Bakgrunnen for det skyldes store geografiske avstander, som gjorde fysiske møter problematisk, kostbare og tidkrevende. En ulempe med denne formen for gjennomførelse er at den begrenser muligheten til å knytte et personlig forhold til intervjuobjektet. Det kan oppleves vanskelig å danne en formening om intervjuobjektets kroppsspråk og skapt atmosfære. På den måten ble de digitale intervjuene ansett som mindre personlige.

Primært var det tiltenkte tidsaspektet for gjennomførelsen av intervjuene satt fra 30 minutter til 1 time. For å ikke begrense muligheten til å tilegne viktig informasjon, ble det lagt til rette for tidsoverskridelse. Dette for at intervjuobjektet ikke skulle føle seg presset til å forhaste seg gjennom alle spørsmålene på den gitte tidsbegrensningen. Den reelle intervjutiden varierte fra 1 time til 1 time og 25 minutter.

6. Transkribering, organisering og bearbeidelse av innhentet materiale

Da intervjuene ble gjennomført av én enkelt person, ble det ansett som hensiktsmessig å foreta opptak av alle intervjuene. På den måten ble det unngått å rette hovedfokus mot å skrive notater og stikkord til nevnte hovedpunkter. Konsentrasjonen ble da rettet direkte mot å prosessere gitt informasjon. Fordelen med en slik form for gjennomførelse er at det enklere åpner opp for avklaring av mistolkninger og uklarheter, da oppfølgings-spørsmål enklere kan bli stilt intervjuobjektet.

Ved endt gjennomførelse ble opptaket transkribert til skriftlig format. Skrivet ble sendt til respektive informanter for godkjenning ved ferdigstillelse av transkribering. For å ivareta anonymitet ble koder benyttet fremfor navn før lagring. Etter endt ferdigstillelse, vil transkriberingen bli slettet ved mottatt sensur. Videre forskning vil derfor ikke kunne ta utgangspunkt i gitt informasjon i intervjuene, annet enn materialet gjengitt i studien.

7. Analysering, tolking og fremstilling av innhentet intervjumateriale

Ved gjennomførelse av 10 intervjuer av 11 respondenter, var det en betydelig mengde data som skulle prosesseres, vurderes og tolkes. I følge Tranvik (2012) er kategorisering og koding av data fra ulike intervjuer blant de mest anvendte formene for analyse av kvalitativ data. Innledningsvis ble det etablert et fargekodesystem for ulike data. Det transkriberte materialet ble lest gjennom for hvert intervju, og gitt informasjon sortert etter fargekodesystemet. På den måten ble sammenfallende data gruppert, og ulike data diversifisert fra hverandre for hvert intervju.

Sammenfallende fargekoder ble videre sortert og gruppert ut fra de ulike aktørene innenfor samme fagdisiplin. På den måten var det mulig å analysere om gitt informasjon kohererte eller avvirket mellom aktørene i samme fagfelt. Utvalgte aktører i de ulike fagdisiplinene var av tilnærmet lik størrelse, og ble ansett å ha likt erfaringsgrunnlag. Det var derfor forventet en form for sammenheng mellom informasjonen som ble gitt innenfor de ulike disiplinene. Med likt utgangspunkt ville eventuelle avvik i gitt informasjon ha ført til at det hadde vært nødvendig med en ny vurdering av intervjuobjektens validitet og pålitelighet.

Siste del av analysen bestod av å sortere og gruppere fargekodene på tvers av de ulike disiplinene. Overleaf ble brukt for oversikt over ulike tema og svar gitt fra respondenter. Til forskjell fra sammenligningen mellom aktører av samme fagdisiplin, vil en vurdering på tvers av de kunne gi varierende svar. Ved tema som oppleves forskjellig blant aktører, er det naturlig at det vil kunne oppstå ulike tilnærminger til hvordan og hvorfor det er et problem. Ulike svar på tvers av fagdisiplinene behøver derfor ikke nødvendigvis å svekke validiteten og påliteligheten til respondenter.

2.4.2 Evaluering av intervjuprosess

Fordelen med gjennomføring av dybdeintervjuer er muligheten til å hente inn relevante erfaringer, meninger og oppfatninger. Imidlertid er studien avgrenset til en gitt mengde tilgjengelig tid. Tidsbegrensningen resulterte i et begrenset antall gjennomførte intervjuer. Et fåtall intervjuer begrenser muligheten til å danne en fullverdig forståelse av valgt tema. Funn fra intervjuene vil dermed kun vise trender, som gjør det vanskelig å generalisere gitt informasjon på vegne av alle aktører innenfor bransjen. Som et resultat vil det kunne påvirke validiteten til funnene.

En annen utfordring ved gjennomførelse av et fåtall intervjuobjekter, er at grunnlaget for studien baserer seg på å gå i dybden av et fåtall respondenter. Vekting av gitt data fra et fåtall respondenter vil derfor bli betydelig, som kan resultere i at annen viktig informasjon fra andre aktører kan bli utelukket. Synspunkter, erfaringer og anbefalinger fra andre aktører vil ikke bli kartlagt, og vil dermed bli ekskludert fra studien.

Intervjuene ble gjennomført én-til-én mellom student og respondent, med unntak av ett intervju hvor to intervjuobjekter fra samme konsern stilte samtidig. Sammenlignet store møtesekvenser, vil et intervju med kun to-tre personer kunne styrke muligheten for at respondenten(e) åpner seg opp og er komfortabel. På den måten vil data enklere kunne bli utvekslet. I tillegg fulgte prosessen en intervjuguide, som åpnet opp for at respondentene hadde mulighet til å forberede seg før intervjuets gjennomgang. Det at intervjuobjektet har muligheten til å forberede seg, styrker muligheten til at gitt informasjon er reflektert og vurdert før den blir utvekslet. Intervjuguiden bidro også til at alle intervjuene fulgte samme røde tråd, slik at innhentet materiale enklere kunne bli vurdert mot hverandre.

En utfordring med valgt metode for seleksjon av respondenter, er at utvelgelsen tar utgangspunkt i et strategisk utvalg fra studenten selv. Utvalget tok derfor utgangspunkt i egne vurderinger av ulike aktørers egnethet. Muligheten for å velge feil aktører ble forsøkt unngått ved tett dialog med både veileder og tidligere intervjuet offentlig byggherre.

2.5 Gjenbruk av prosjektoppgave

Som følge av at prosjektoppgaven omhandler deler av samme tema som denne studien, og dermed innehar elementer som er aktuelle for denne studien, har det blitt hentet inspirasjon fra tidligere utarbeidet materiale. Henholdsvis omhandler dette inspirasjon og videre bruk av teori og data fra gjennomførte intervjuer. Inspirasjon hentet ut fra prosjektoppgaven er elementer som utelukkende er aktuelle også for denne studien. Supplerende og utfyllende forskning og teori har blitt lagt til, da det kreves en dypere forståelse av de ulike elementene som inngår for denne studien. Delene av studien dette omhandler er:

- Svar gitt fra intervjuer med offentlige byggherrer.
- 3.1.1 BIM sin utvikling i BAE-sektoren.
- 3.1.2 Gevinstrealisering ved bruk av BIM.
- 3.4 BIM-modelleringsprosess for eksisterende bygningsmasse.

3 Teori

I følgende kapittel vil det teoretiske rammeverket bli presentert. Det teoretiske rammeverket vil sammen med det empiriske grunnlaget gi føringer for videre drøfting.

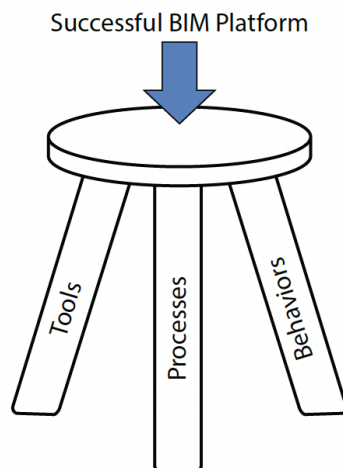
3.1 BIM

Den internasjonale standarden NS-EN ISO 29481-1 definerer bygningsinformasjonsmodell (BIM) som *“A shared digital representation of a built object (including buildings, bridges, roads, process plants, etc.) to facilitate design, construction and operation processes to form a reliable basis for decisions”* (ISO 29481-1, 2017, s. 1). NS-EN ISO 19650-1 har videre oversatt dette til *“En delt digital framstilling av et byggverk for å legge til rette for prosjektering, bygging og driftsprosesser slik at det kan dannes et pålitelig grunnlag for beslutninger”* (ISO 19650-1, 2018, s. 5).

Til tross for definering av terminologien i internasjonale standarder, er BIM forskjellig beskrevet i litteraturen. Manglende konsekvent definering av terminologien har medført en forvirring og misforståelse av BIM, i en bransje som allerede sliter med å utvikle og ta i bruk det fulle potensialet teknologien legger opp til (Smith, 2014). Forvirringen forplanter seg videre ved at noen ser på BIM kun som en modell med tilhørende informasjon, mens andre betrakter det som en prosess. Bråthen et al. (2017) definerer forskjellen ved at BIM er ment som bygningsinformasjonsmodell når det blir henvist til det som produseres, mens det er ment som bygningsinformasjonsmodellering når det blir henvist til prosessen.

Borrmann et al. (2018) beskriver BIM med en tilnærming som modell ved å definere det som en digital representasjon av et bygg, med tilhørende informasjon. Typisk baserer det seg på den tredimensjonale geometrien, tilhørende objektinformasjon og ikke-fysiske objekter som soner og rom. Hardin og Mccool (2015) forklarer hvordan BIM kan betraktes som en prosess, ved at byggesamfunnet har begynt å benytte BIM i flere dimensjoner, som innebærer bruk av arbeidsflytspesifikke verktøy til arbeidsprosesser og prosjektledelse. Som illustrert i Figur 1, legger Hardin og Mccool frem tre faktorer som avgjør om bruk av BIM og teknologi blir suksess eller mislykket i et prosjekt ved:

- Prosess
- Teknologi (verktøy)
- Atferd



Figur 1: Vellykket BIM-plattform (Hardin & Mccool, 2015)

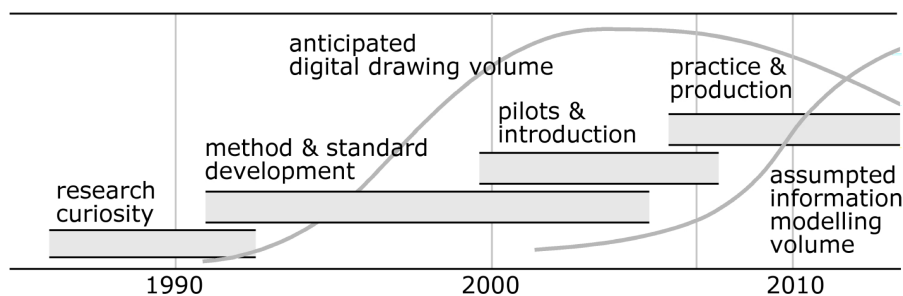
Prosess og atferd

I følge Hardin og Mccool (2015) har byggeledelsen en tendens til å implementere ny teknologi inn i gamle prosesser. Denne tilnærmingen skaper utfordringer ved at det ikke blitt tatt hensyn til at arbeidsprosesser og -flyt burde endres for å realisere ønsket effekt av implementeringen. Hardin og Mccool legger vekt på innovasjon og endring i prosess som avgjørende faktorer ved innføring og bruk av ny teknologi.

Av de tre nevnte faktorene, beskriver Hardin og Mccool (2015) atferd som den vanskeligste å endre. Det blir nevnt et sitat fra Scott Simpson, hvor han forteller at BIM er 10% teknologi og 90% sosiologi. Bruk av BIM og teknologi forbeholder en fremtidsrettet tankegang. Denne tankegangen er i følge Hardin og Mccool minst like viktig som selve teknologien og prosessen. Det er bakgrunnen for at evnen til å tilrettelegge atferd blir nevnt som et viktig moment. Det blir beskrevet som *“truly successful BIM is much more than just BIM software (little bim); rather, it is the assemblage of the tools, processes, and behaviors (BIG BIM) required to make BIM truly effective.”* (Hardin & Mccool, 2015, s. 36).

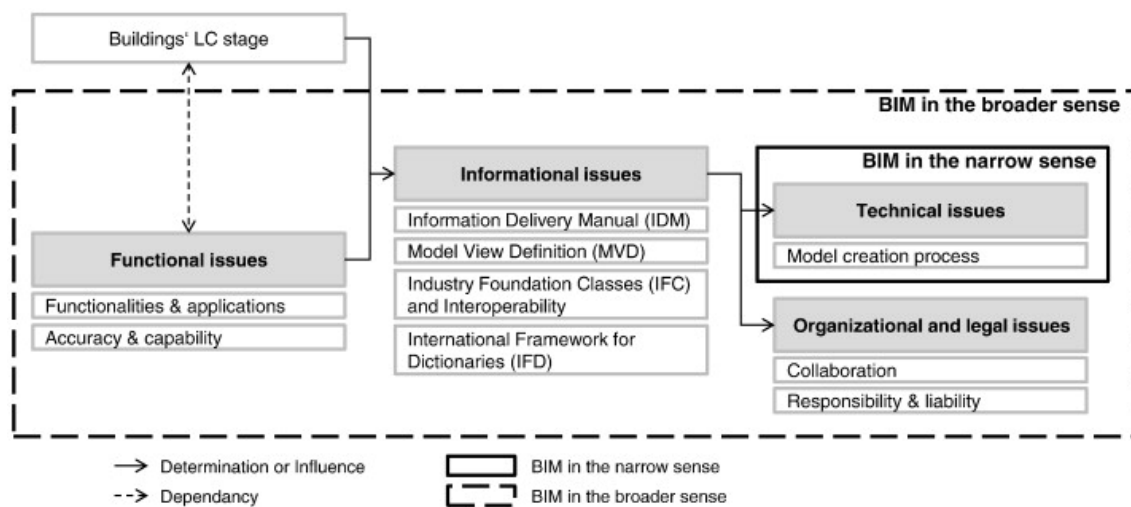
3.1.1 BIM sin utvikling i BAE-sektoren

I likhet med andre bransjer, har BAE-sektoren blitt påvirket av den teknologiske utviklingen. Til forskjell fra andre bransjer, har BAE-sektoren brukt lenger tid på den teknologiske utviklingen (Tekna, 2021; Volk et al., 2014). Den trege utviklingen skyldes imidlertid ikke at bransjen var sent ute med utforskning av ny teknologi. Allerede på 1970-tallet begynte Chuck Eastman å utvikle 3D-basert modelleringsverktøy for byggebransjen (Volk et al., 2014). Det var likevel ikke før på tidlig 2000-tallet hvor de første pilotprosjektene ble gjennomført med BIM-modelleringsverktøy. Den teknologiske utviklingen er nærmere illustrert i Figur 2.



Figur 2: BIM sin utvikling i BAE-sektoren (Penttilä et al., 2007)

Det første tiåret ble BIM hovedsakelig blitt brukt til visualisering, mengdeberegning, deteksjon av kollisjoner og kvantifisering i prosjekterings- og gjennomføringsfasen av prosjekter (Penttilä et al., 2007; Volk et al., 2014). Figur 3 illustrerer dette som “BIM in the narrow sense”. Som beskrevet innledningsvis for 3.1 gjenspeiler dette en betraktning og bruk av BIM utelukkende som modell. Først i senere tid har det blitt mer vanlig å betrakte BIM som prosess, ved å ta i bruk det digitale verktøyet for arbeidsprosesser og prosjektledelse (Hardin & Mccool, 2015). Som illustrert i Figur 3 definerer Volk et al. (2014) dette som “BIM in the broader sense”, hvor BIM blir brukt for hele prosjektets livssyklus.



Figur 3: BIM in the narrow and broader sense (Volk et al., 2014)

3.1.2 Gevinstrealisering ved bruk av BIM

Utviklingen for bruk av BIM i byggebransjen skyldes en rekke faktorer, hvorav strengere krav til ressursbruk, økt fokus på bærekraft, gjenbruk og ressurseffektivitet er blant noen av de fremste (Volk et al., 2014). Siden 2000 har det vært en reduksjon på 10% produktivitet i byggebransjen, sammenlignet en økning på 30% for resten av fastlandsnorge (SSB, 2018; Tekna, 2018). Da den teknologiske utviklingen ikke har blitt skikkelig tatt i bruk i bransjen, har ytterligere utvikling og bruk av BIM som formål å bedre de

nevnte faktorene. Dette ved å effektivisere byggeprosesser, forbedre kommunikasjon mellom aktører, gjøre mindre feil, effektivisere bruk av ressurser og redusere prosjektets kostnader (StandardNorge, 2023). NordicBIMGroup (udatert) understøtter dette ved å hevde at bruk av BIM kan gi:

- 70% økning i produktivitet.
- 95% reduksjon av inkonsistens blant dokumenter.
- 100% reduksjon av bygningsdeler som kolliderer med hverandre.
- 30% reduksjon av anbudspris.
- 90% reduksjon av byggefeil.
- 20% reduksjon av FDV-kostnader.

3.2 Rehabilitering av eksisterende bygningsmasse

Terminologien for rehabilitering er noe ulikt definert ut fra de ulike norske standardene. NS-EN 3420-1 beskriver rehabilitering som «*det å gjøre et objekt i stand til å møte gjeldende krav til funksjon og ytelse*» (NS3420-1, 2019, s. 7), mens NS-EN 15898 omtaler det som «*tiltak på et stedfast objekt enten for å gjenskape en antatt tidligere funksjon, for å tilpasse det til en annen funksjon eller til gjeldende krav for komfort, sikkerhet og tilgjengelighet*» (NS-EN 15898, 2020, s. 33).

Uavhengig av eksakt definisjon på terminologien omhandler rehabilitering å sette eksisterende bebyggelse, og dens respektive bygningskomponenter, tekniske installasjoner og objekter i en stand som tilfredsstiller dagens bruker- og myndighetskrav (Sæbøe et al., 2017). Det kan innebære endring av planløsning, reparasjon, restaurering og oppgradering av den eksisterende bygningsmassen.

Det utløsende behovet for rehabilitering vil variere ut fra en rekke faktorer. Ved ferdigstillelse av byggeprosjektet, vil byggverket bli utsatt for ulike former for påkjenninger som vil forringe tilstanden (Larsen & Bjørberg, 2007). Påkjenninger som blant annet mekaniske, biologiske og kjemiske påkjenninger er med på å bryte ned den eksisterende bygningsmassen. I hvilken grad påkjenningene har sin virkning, avhenger blant annet av den initielle motstanden som designet, materialkvaliteten og utførelsen.

Korrektive tiltak for å opprettholde byggverkets tilstand, er periodisk vedlikehold. Behovet for vedlikehold, utskiftning og oppgradering vil variere ut fra definerte akseptkriterier. Ved manglende utførelse av vedlikehold ved behov, vil det resultere i et akkumulert vedlikeholdsetterslep og byggverkets tilstand vil bli tilsvarende påvirket. Det vil med tiden utløse et behov for rehabilitering.

3.2.1 utfordringer og barrierer for rehabiliteringsprosjekter

For rehabiliteringsprosjekter finnes det særskilte utfordringer som skiller seg fra nybyggingsprosjekter. Rehabilitering av eksisterende bygningsmasse innebærer ofte større risiko og usikkerhet, er mindre planlagt og er vanskeligere å kontrollere enn nybyggingsprosjekter (Lund et al., 2016). Mange rehabiliteringsprosjekter blir derfor gjennomført med både kostnads- og tidsoverskridelser. Tabell 6 gir en beskrivelse over noen av de mest vanlige økonomiske utfordringene som kan oppstå for rehabiliteringsprosjekter.

Tabell 6: *Økonomiske utfordringer med rehabiliteringsprosjekter (Lund et al., 2016)*

<i>Utfordringer</i>	<i>Beskrivelse</i>	<i>Konsekvens</i>
Oppdage bygningstekniske feil og skader	Ofte oppdages bygningstekniske feil og skader for seint.	Estimert kostnad vil øke.
Antikvariske forskrifter	Lokale myndigheter kan sette restriksjoner på hva som er lov.	Vanskelige krav å tilfredsstille uten å søke om fritak, noe som gjør det tidkrevende.
Kalkulatorisk usikkerhet	Entreprenøren sliter med å beregne rett usikkerhetsavsetning.	Dokumenter i anbudet blir feilberegnet.

En av hovedgrunnene til at rehabiliteringsprosjekter ferdigstilles med tids- og kostnadsoverskridelser, skyldes at nødvendig informasjonsgrunnlag for den eksisterende bygningsmassen hentes inn for seint (Lund et al., 2016). En viktig del av prosjekteringsgrunnlaget er den tekniske tilstanden til det eksisterende bygget. For å redusere usikkerheten rundt den eksisterende bygningsmassen, blir innhenting av nødvendig informasjonsgrunnlag på et tidlig stadie nevnt som et tiltak. Tabell 7 gir en ytterligere beskrivelse av utfordringen, sammen med utfordringer forbundet lover og forskrifter, prosess og økonomisk usikkerhet.

Tabell 7: *Utfordringer med rehabiliteringsprosjekter (Lund et al., 2016)*

<i>Utfordringer</i>	<i>Beskrivelse</i>	<i>Konsekvens</i>
Ukjent teknisk tilstand	For mange tilfeller er det vanskelig å angi den tekniske tilstanden til en konstruksjon.	Økt usikkerhet, mer avsetning til risiko blant entreprenører i anbudsberegning. Overraskelser oppstår ikke før påbegynt arbeider.
Lover og forskrifter	Hvis et bygg er fredet eller verneverdig, kan det ha påvirkning på hvilke tiltak som er lov.	Lite rom for tekniske installasjoner og dårlige løsninger må bli valgt.
Prosess	Uklar tilnærming ved oppstart av et rehabiliteringsprosjektet.	Mislykkede priskalkyler og ikke bærekraftige bygg.
Økonomisk usikkerhet	Mange av prosjektene koster ofte mer enn antatt.	Vanskelig å stole på priskalkyler, og valg blir gjort på feil premisser.

Øvrige utfordringer tilknyttet rehabiliteringsprosjekter er tegningsunderlag som ikke stemmer med den faktiske tilstanden til den eksisterende bygningsmassen, og rivningsarbeider som er langt mer komplisert enn antatt (Bech, 2014). En direkte konsekvens er at det kan medføre betydelige provisoriske arbeider og økte kostnader. At tegningsunderlaget ikke samsvarer med det som er bygget, vil også kunne medføre feilprosjektering, forsinkelser og økte kostnader. Blant utfordringer tilknyttet fysiske objekter for den eksisterende bygningsmassen, blir bæresystemer, yttervegger, innervegger, dekker, yttertak, lave takhøyder og trapper trukket frem.

Videre nevner Bech (2014) at en utfordring ved rehabiliteringsprosjekter er når tiltaket blir definert som hovedombygging. Hovedombygging innebærer arbeider av så omfattende omfang, at det berører byggets helhet (DiBk, 2022a). Tiltak som utføres på eksisterende bygningsmasse skal følge dagens gjeldende byggtekniske forskrift TEK17, uavhengig av om det er søknadspliktig eller ikke (DiBk, 2022b). Unntaksvis vil ikke alle kravene være gjeldende for enkelte tilfeller, likefult som det for andre vil være gjeldende for hele byggverket. Ved tiltak definert som hovedombygging, vil byggteknisk forskrift være gjeldende for hele byggverket. Således vil alle kravene i TEK17 måtte bli fulgt. Bech (2014) beskriver dette som utfordrende, da eksempelvis krav til takhøyder, branntiltak og lydtiltak kan være vanskelig å tilfredsstille ved rehabilitering av den eksisterende bygningsmassen.

Utfordringene fremhevet av Bech (2014) forsterkes av det Lund et al. (2016) beskriver som usikkerheten rundt informasjonsgrunnlaget for den eksisterende bygningsmassen. Ved at prosjekteringen baserer seg på et oppdatert informasjonsgrunnlag, vil feilprosjekteringer enklere bli unngått, og byggtekniske krav i TEK17 enklere bli tilfredsstillt.

3.3 BIM i rehabiliteringsprosjekter

Både BIM og rehabilitering av eksisterende bygningsmasse er tema som ikke er nytt for byggebransjen, hvor det foreligger forskning og litteratur separat for hvert av fenomenene. På en annen side oppleves manglende eksistens av tilgjengelig forskning og litteratur for bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter (Falcão Silva et al., 2021; Sampaio et al., 2022; Volk et al., 2014).

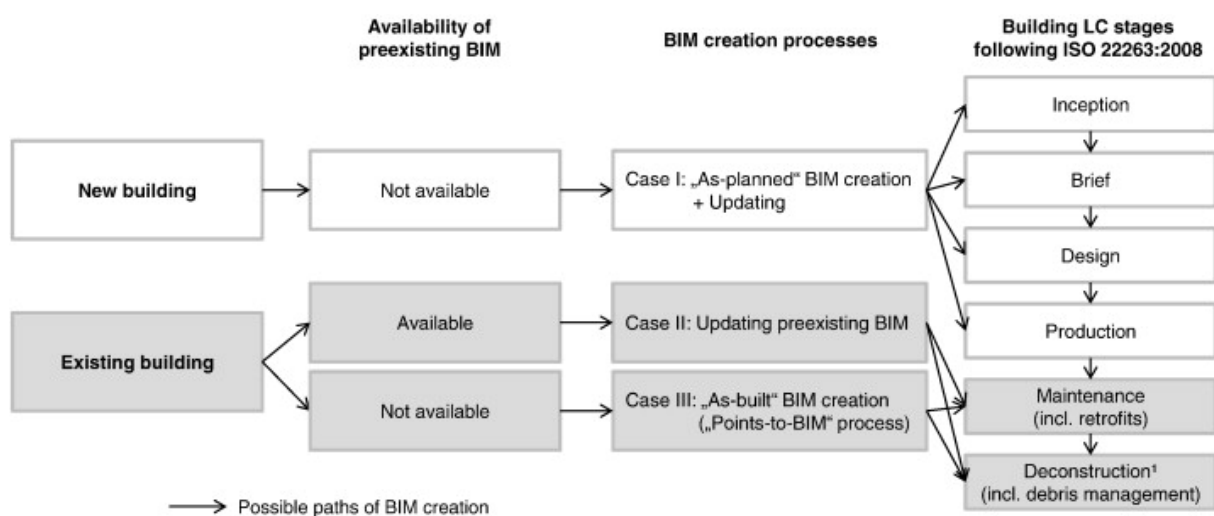
Sampaio et al. (2022) og Volk et al. (2014) beskriver den manglende eksistensen som en konsekvens av at BIM hovedsakelig har blitt brukt i forbindelse med nybyggingsprosjekter, og at det derfor er et behov for å utforske bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter ytterligere. Falcão Silva et al. (2021, s. 1) underbygger behovet for ytterligere forskning rundt bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter ved å nenve: *The (AECO) sector has innovated in the design and construction methods using new technologies, with emphasis on the Building Information Modeling (BIM) methodology. However, it is still necessary to explore how this methodology can be applied to rehabilitation, in general, and to functional rehabilitation*".

3.3.1 Utfordringer og barrierer for BIM i rehabiliteringsprosjekter

Til forskjell fra nybyggingsprosjekter, omhandler bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter å utarbeide modeller for den eksisterende bygningsmassen, med tilhørende informasjon av den initielle tilstanden til bygghet (Falcão Silva et al., 2021). Falcão Silva et al. hevder videre at modelleringen av den eksisterende bygningsmassen, og det konstante behovet for oppdatering av informasjon underveis i prosjektet, er en av de fremste utfordringene. Utfordringen med modellering av den eksisterende bygningsmassen, er i følge Sampaio et al. (2022) anskaffelsen av riktig informasjonsgrunnlag for den eksisterende bygningsmassen, og videreføre det til en BIM-modell.

3.4 BIM-modelleringsprosess for eksisterende bygningsmasse

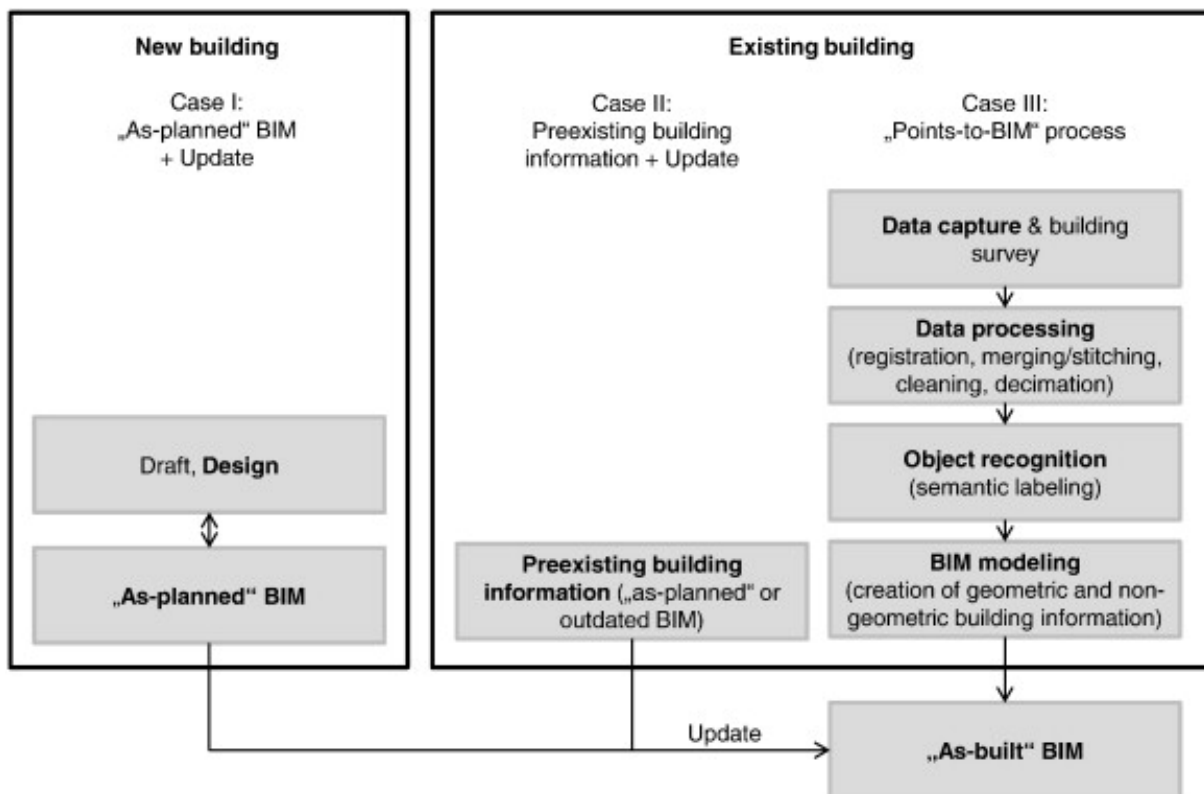
Som det fremkommer av Figur 4 er det nødvendig å skille mellom modelleringsprosessen for nybyggings- og rehabiliteringsprosjekter av den eksisterende bygningsmassen. For nybyggingsprosjekter forekommer modellbasert planlegging og prosjektering som skal danne grunnlag for den videre produksjonen i byggeprosessen (Volk et al., 2014). I den forbindelse genereres modellen gjennom flere faser av prosjektets livssyklus (illustrert som case I). For rehabilitering av den eksisterende bygningsmassen er tidligere byggeprosess allerede gjennomført og ferdigstilt. Avhengig av det tidligere prosjektets gjennomføring, vil tilgang og eksistens av tidligere utarbeidede modeller variere. Der som det forekommer eksistens av tidligere utarbeidet modell, vil den kunne oppdateres og utvikles for videre prosjektering (illustrert som Case II). For tilfeller hvor det ikke foreligger tilgang til tidligere utarbeidet modell, vil det utløse et behov for etablering av en as-built modell (illustrert som Case III).



Figur 4: BIM-modelleringsprosess for nye og eksisterende byggverk (Volk et al., 2014)

Av den eksisterende bygningsmassen i Europa, ble 80% bygget før 1990, og denne bygningsmassen har ingen form for BIM-basert bygningsinformasjon (Hossain & Yeoh, 2018; Volk et al., 2014). Didreik Haug, tidligere prosjektleder for Statsbygg sin BIM-satsning, underbygger dette ved utsagnet: *”Mesteparten av verden er bygget allerede, og den har vi ingen BIM av”* (DiBk, 2015). Utilstrekkelig bygningsinformasjon og manglende eksistens av BIM modeller vil utløse et behov for en reversert prosess, hvor innhenting av nødvendig bygningsinformasjon vil være nødvendig (Volk et al., 2014). Således henvises det til at Case III fra Figur 4 vil være det mest aktuelle tilfellet for implementering av BIM for rehabiliteringsprosjekter i tiden fremover.

For Case III deler Falcão Silva et al. (2021) og Volk et al. (2014) prosessen for den digitale rekonstruksjonen videre inn i fire faser. Som illustrert i Figur 5 deles prosessen inn i data capture, data processing, object recognition og BIM-modelling. For videre delkapittel vil *”BIM-modelleringsprosess”* bli brukt som samlebetegnelse for disse fire prosessene. På bakgrunn av oppgavens avgrensning, er det primært førstnevnte fase (data capture), som vil bli tyngst vektlagt for det teoretiske grunnlaget av studien. Som beskrevet i oppgavens avgrensning, legger ikke det teoretiske rammeverket betydelig vekt på verktøy og teknologi som blir brukt innenfor de fire fasene. Samlebetegnelsen BIM-modelleringsprosess vil videre bli brukt for de fire fasene.



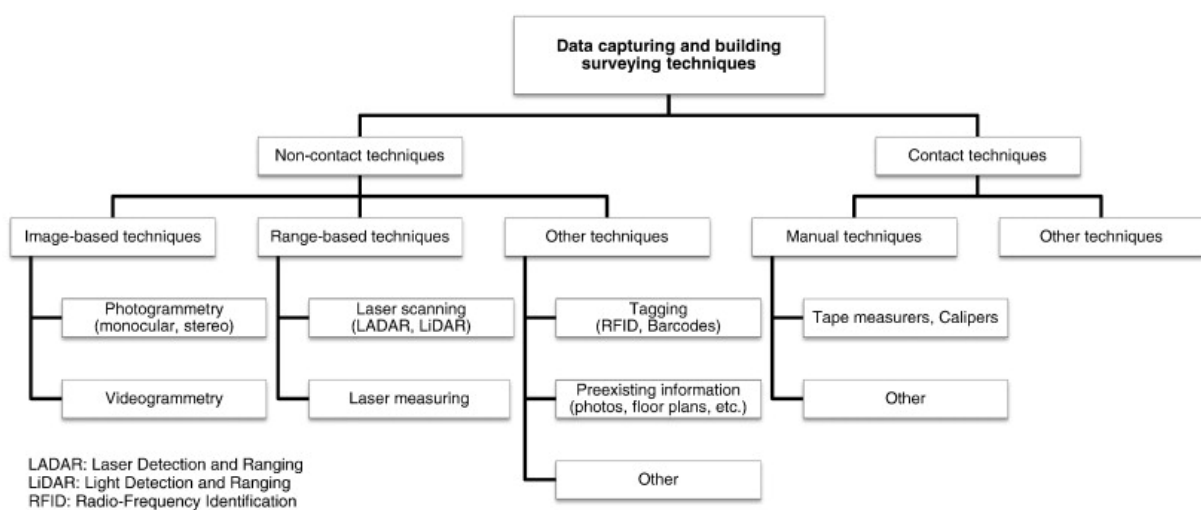
Figur 5: BIM-modelleringsprosess for nye og eksisterende bygg (Volk et al., 2014)

3.4.1 BIM-modelleringsprosess

Som det tidligere har blitt beskrevet, foreligger det manglende eksistens av tidligere utarbeidede BIM-modeller for store deler av den eksisterende bygningsmassen. Falcão Silva et al. (2021) beskriver at hovedutfordringen med implementering av BIM for rehabiliteringsprosjekter er forbundet med generering av as-built-BIM for den eksisterende bygningsmassen. Utfordringene oppstår i forbindelse med å samle inn all nødvendig bygningsinformasjon relatert til bygningens nåværende tilstand, som følge av tidligere utført vedlikehold, ombygging eller rivning.

Proessen med å generere en informasjonsrik as-built-BIM av den faktiske bygningsmassen være kompleks, tidkrevende og potensielt kostbart (Hossain & Yeoh, 2018). Det kommer som en konsekvens av at metodene for innhenting av det nødvendige bygningsinformasjonsgrunnlaget kan kreve spesialutstyr, ekspertkunnskap og fagpersonell med riktig kunnskap for datainnhenting og datahåndtering.

Ved generering av en as-built-BIM for den eksisterende bygningsmassen, må bygningselementenes geometrisk og topologisk informasjon bli hentet inn (Volk et al., 2014). Videre må dette modelleres og berikes med objektene semantiske egenskaper og attributter. Ved innhenting av det nødvendige informasjonsgrunnlaget for den eksisterende bygningsmassen finnes ulike metoder og verktøy. Valg av metode baserer seg på en rekke faktorer, hvorav nødvendig detaljeringsgrad er en av de fremste. Den nødvendige detaljeringsgraden har påvirkning på den nødvendige datakvaliteten, datamengden og prosesseringinnsatsen som kreves. Dette innebærer at kriterer som tidsbruk, kompleksitet, nøyaktighet/presisjon og kostnad er viktige faktorer. Figur 6 presenterer en oversikt over mulige metoder som tidligere har blitt anvendt for denne prosessen.



Figur 6: Data capture for eksisterende bygningsmasse (Volk et al., 2014)

Tidligere har manuelle innmålinger og direkte modellering fra eksisterende tegningsunderlag vært en av de mest anvendte formene for BIM-modellering av eksisterende bygningsmasse (DiBk, 2015; Hossain & Yeoh, 2018). Videre beskriver Hossain og Yeoh (2018) den tradisjonelle formen for innhenting av bygningsinformasjonsgrunnlaget som tidkrevende og utsatt for feiltakelser. Det kommer som følge av at det krever god tilgang, kvalitet og nøyaktighet på eksisterende tegningsunderlag, må gjennomføres kontrollmålinger av det eksisterende tegningsunderlaget og at det er vanskelig å innhente informasjon med stor grad av nøyaktighet (DiBk, 2015). Selv om den digitale utviklingen automatiserer, endrer og forbedrer prosedyrer, arbeidsmetoder og verktøy, hevder (Sing et al., 2022) at denne tradisjonelle metoden for modellering tidvis fortsatt blir anvendt.

Formålet med den teknologiske utviklingen er i større grad å automatisere og forbedre kvaliteten, nøyaktigheten og mengden informasjon av den eksisterende bygningsmassen. I følge Sampaio et al. (2022) er det spesielt tre fremtredende teknologiske verktøy som benyttes for innhenting av digitalt informasjonsgrunnlag i dag:

- 3D laserskanning
- Fotogrammetri
- Drone

Felles for alle de ulike metodene er at de varierer i kompleksitet, presisjon, tidsforbruk og kostnad. Tabell 8 gir en oversikt over hvordan de nevnte metodene for innhenting av eksisterende bygningers informasjonsgrunnlag ble betraktet med hensyn til de fire kriteriene i 2014. Bruk av drone har kommet som følge av den teknologiske utviklingen på området, og kan bli brukt til både 3D laserskanning og fotogrammetri.

Tabell 8: *Data capture (Volk et al., 2014)*

2014 (Volk et al., 2014)	<i>Tid</i>	<i>Kompleksitet</i>	<i>Presisjon</i>	<i>Kostnad</i>
3D Skanning	Medium	Medium	Høy	Høy
Fotogrammetri	Rask	Medium	Høy	Medium
Drone	-	-	-	-

I følge Kovacic og Honic (2021) overgår laserskanning de andre metodene når det kommer til å innhente informasjon om den romlige konfigurasjonen, mens fotogrammetri overgår skanning på den visuelle informasjonen i form av tekstur og farger. Da 3D laserskanning er metoden som best egner seg til videre prosessering og generering av en geometrisk representasjon av det eksisterende bygget, hevder Kovacic og Honic at det er den mest anvendte metoden for innhenting av bygningsinformasjonsgrunnlag.

Det er mulig å kombinere 3D laserskanning med fotogrammetri, og på den måten redusere begrensningene for hver metode (Soliman et al., 2020). Det innhentede informasjonsgrunnlaget vil derfor gi en god representasjon av den eksisterende bygningsmassen, og vil fungere som godt grunnlag for videre prosjektering. På en annen side vil en slik prosess innebære store mengder innhentet informasjon, og vil være mer tidkrevende og mer kostbart. Dette er kriterier som må bli vurdert opp mot den faktiske nytten av å øke detaljeringsgraden av det innhentede informasjonsgrunnlaget.

Selve BIM-modelleringsprosessen gjennomføres i henhold til ønsket detaljnivå og prosjekteiers krav og kriterier (Soliman et al., 2020). Valg av metode for å innhente bygningsinformasjonsgrunnlaget baserer seg på krav og kriterier gitt for modelleringsprosessen, som gir føringer for hvordan modelleringen blir gjennomført, hvor omfattende modelleringen blir og hvilken nøyaktighet modellen vil ha.

Fra resultatene til Sing et al. (2022) kommer det fram at man vil kunne realisere gevinster i form av tids- og kostnadsbesparelser ved anskaffelse av oppdatert prosjektgrunnlag for rehabiliteringsprosjekter gjennom skanneteknologi. For BIM-modelleringsprosessen hvor grunnlag fra skanningsteknologi blir anvendt, fusjoneres innhentet data fra punktskyen inn i samme koordinatsystem (Kovacic & Honic, 2021). Videre renskes punktskyen for innhold som forårsaker støy og ikke skal inngå som en del av prosjekteringsgrunnlaget. Prosessering av punktsky gjennomføres ofte manuelt, da automatisk prosessering av punktsky fremdeles er i en startfase.

Blant annet har Trimble Realworks utarbeidet programvarer for automatisk prosessering av punktsky, hvor de legger til rette for behandling, analysering og produsering av kundeleveranser fra importert punktskydata (Trimble, udatert). De beskriver programvaren ved tre punkter:

- Automatisert verktøy for opprydding av punktskyer.
- Effektivt verktøy for arbeidsflyter for behandling av punktskyer.
- En av bransjens største utvalg av verktøy for behandling av punktskyer ved registrering, overflateopprettelse, sammenligning av overflater og modellering.

Ved ferdigstillelse av punktskyen, blir den benyttet som grunnlag for videre generering av BIM-elementer (Kovacic & Honic, 2021). Likt som for automatisk prosessering av punktsky, gjennomføres prosessen med å generere as-built-modeller fra punktskyer manuelt, da automatisk BIM-modellering fra punktsky til semantisk rike BIM-modeller fortsatt er i en startfase.

3.5 Innovasjon

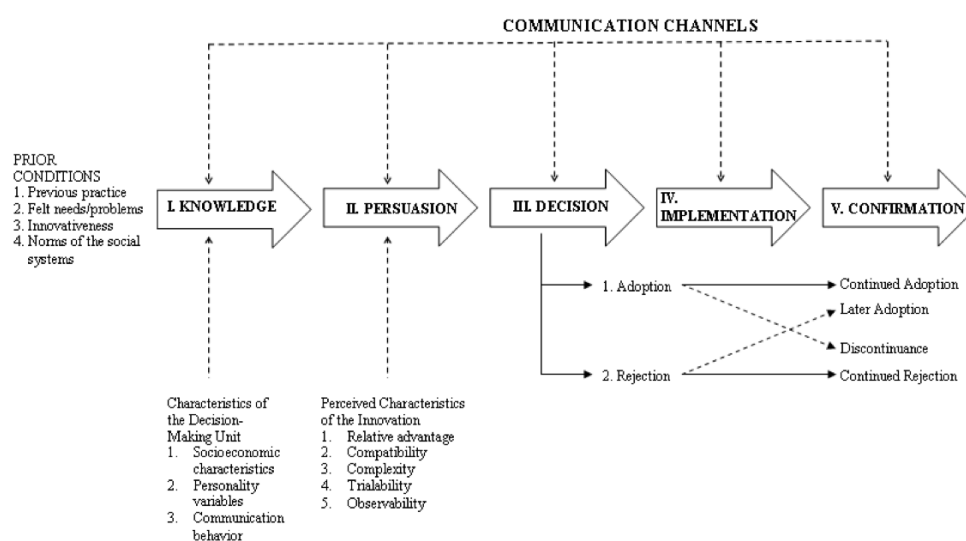
Rogers definerer innovasjon som: *“An innovation is an idea, practice, or project that is perceived as new by an individual or other unit of adoption”* (Rogers, 2010, s. 15). En innovasjon vil i den forstand oppleves som nyskapende for personen som tar det i bruk. I følge Sahin (2006) omhandler Rogers sin teori om *“Diffusion of Innovations”* i stor grad teknologiske innovasjoner, ved at Rogers i stor grad betraktet innovasjon og teknologi som synonymmer.

Rogers (2010) beskriver videre at en viktig hindring for adopsjon av innovative løsninger er usikkerheten tilknyttet innovasjonen, og beskriver dette som: *“Consequences are the changes that occur in an individual or a social system as a result of the adoption or rejection of an innovation”* (Rogers, 2010, s. 30). Rogers hevder at usikkerheten tilknyttet adopsjon av innovasjonen kan reduseres ved å redegjøre potensielle fordeler, ulemper og konsekvenser tilknyttet innovasjonen. Konsekvensene kategoriserer Rogers videre i tre ulike kategorier, henholdsvis:

- Ønskelige vs uønskede konsekvenser.
- Direkte vs indirekte konsekvenser.
- Forventede vs uforventede konsekvenser.

3.5.1 Rogers sin innovasjonsbeslutningsprosess

Figur 7 viser sammenhengen mellom trinnene Rogers beskriver som innovasjonsbeslutningsprosessen: knowledge, persuasion, decision, implementation og confirmation.



Figur 7: Innovasjonsbeslutningsprosess (Sahin, 2006)

Det første stadiet, “the knowledge stage”, innebærer at kunnskap om innovasjonens eksistens blir samlet inn (Sahin, 2006). Dette kan motivere til et ønske om adopsjon av innovasjonen og gi kunnskap om hvordan man kan benytte seg av innovasjonen på en riktig måte. For å unngå tidlig avslutning av adopsjonen, kan kunnskap om prinsipper bli tilegnet. Kunnskap om prinsippene beskriver hvordan og hvorfor adopsjon av innovasjonen kan fungere, men er ingen forutsetning for en vellykket adopsjon.

Selv om et individ innehar all nødvendig kunnskap om en innovasjon, kan individet likevel avvike fra adopsjon (Sahin, 2006). Det kan komme som følge av holdninger til innovasjonen, som går inn under “persuasion stage” i Figur 7. Usikkerhet rundt innovasjonen og påvirkning av kolleger og jevnaldrende kan være kilden til negative eller positive holdninger.

Ved beslutning for adopsjon eller avvisning av innovasjon, skiller Rogers mellom to former for avvisning: aktiv og passiv avvisning (Sahin, 2006). Aktiv avvisning omhandler tilfeller hvor individet forsøker å adoptere innovasjonen, men avviser den ved et senere tidspunkt. Til forskjell fra aktiv avvisning, baserer passiv avvisning seg på tilfeller hvor en forutinntatt avvisning til innovasjon allerede er fattet, før adopsjon av innovasjonen er forsøkt.

Implementeringsfasen er når innovasjonen blir tatt i bruk. Etterfølgende kommer en beslutningsprosess for å vurdere adopsjonen av innovasjonen. Opphør av adopsjonen kan forekomme ved å ta i bruk en annen innovasjon eller som følge av misnøye (Sahin, 2006). Misnøye kan komme som en konsekvens av at behovet for innovasjonen ikke er oppfylt.

3.5.2 Innovasjon ved digitalisering av BAE-sektoren

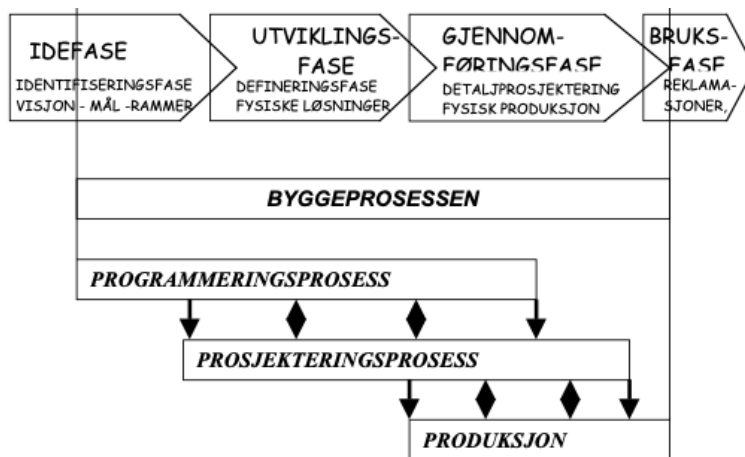
Bnl (2017) fremmer tre innovasjonsnivåer av digitalisering for byggebransjen:

1. Automatisering og effektivisering.
2. Etablerte prosesser kan utføres på ny måte.
3. Nye ting kan utføres på ny måte.

Det første nivået baserer seg på at kjente arbeidsmetoder og -prosesser forblir uendret, men forbedret ved hjelp av teknologisk verktøy (Bnl, 2017). Først i det andre nivået forekommer innovasjon i den grad at arbeidsprosessens gjennomføring blir endret, forbedret og effektivisert. Det siste nivået baserer seg på en komplett endring av arbeidsmetoder og arbeidsprosesser. Det forbeholder derfor en nullstilling av eksisterende måter å arbeide på, grensesnitt og rammer, ved å finne nye og forbedrede metoder for prosjektet.

3.6 Byggeprosess

For byggeprosjekter er det et sett med generiske faser, som finnes i alle typer prosjekter i byggebransjen (Eikeland, 2001). Fasene fremkommer fra Figur 8, og er gitt ved idéfase, utviklingsfase, gjennomføringsfase og bruksfase. Den generiske faseinndelingen illustrerer fellestrekkene som er grunnleggende ved forløpet av en tradisjonell byggeprosess. Videre illustrerer figuren at den tradisjonelle byggeprosessen deles inn i tre kjerneprosesser: programmerings-, prosjekterings- og produksjonsprosess.

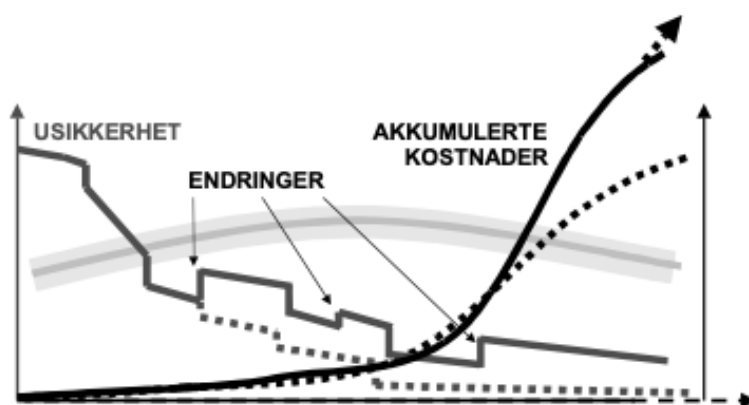


Figur 8: Generell byggeprosess (Eikeland, 2001)

Kjerneprosessene gjennomføres rekkefølgevis, men med en betydelig overlap. Vanligvis følges rekkefølgen som illustrert i Figur 8 for de aller fleste prosjekter. Eikeland (2001) beskriver videre at forløpet av en byggeprosess i rekkefølgen idé-, utviklings- og gjennomføringsfase har karakteristika når det kommer til utvikling av momenter som:

- Usikkerhet.
- Handlefrihet.
- Akkumulerte kostnader.
- Økte kostnader som følge av endringer.

Som det fremkommer i Figur 9 er usikkerheten størst i startfasen, men vil kontinuerlig reduseres. Redusert grad av usikkerhet utover i prosjektet skyldes at informasjon blir hentet inn, formelle beslutninger blir tatt, kontrakter blir utarbeidet og det blir gjennomført planlegging og prosjektering (Eikeland, 2001). Prosjektets kostnader på sin side har omvendt forløp sammenlignet usikkerheten. Ofte er kun 10-15% av prosjektets totale kostnader brukt i programmerings- og prosjekteringsprosessen, mens resterende kostnader påløper i forbindelse med gjennomføringsfasen.

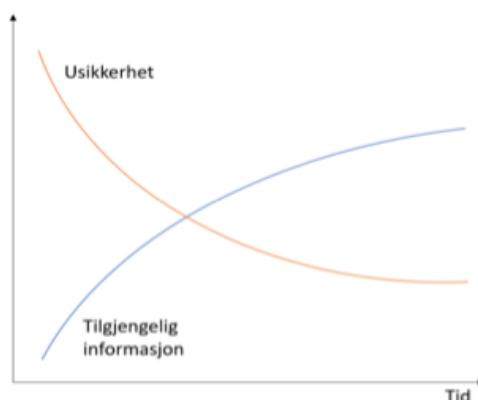


Figur 9: Usikkerhet og akkumulerte kostnader (Eikeland, 2001)

I følge Eikeland (2001) er endringer en av de største hovedårsakene til kostnadsoverskridelser. På tidspunktet hvor endringene overgår den tilgjengelige handlingsfriheten, vil endringens konsekvens være vanskelig å se. Konsekvensene blir i tillegg ofte undervurdert, spesielt hvor de som fremmer endringen ikke har erfaring fra tidligere gjennomførte prosjekter. Kostnadsoverskridelsene kan skyldes mange ulike faktorer, men Eikeland trekker spesielt frem at feil og mangler i prosjektmaterialet, høy usikkerhet, kalkyler som er basert på feil grunnlag og endringer som påløper på et sent tidspunkt i utviklings- og gjennomføringsfasen.

Samset (2015) skiller mellom to former for informasjon, den som er nødvendig og den som er tilgjengelig. Manglende informasjon blir betraktet som tilfellet hvor nødvendig informasjon som er kritisk for videre fremgang er manglende. Som tidligere beskrevet vil usikkerheten for prosjektet avta når tilgang på informasjon øker. Usikkerhet vil likevel alltid foreligge prosjekter, uansett tilgang på nødvendig informasjon. Samset hevder videre at det vil forekomme et tidspunkt hvor all nødvendig informasjon ikke er tilgjengelig. Man kan derfor se en synergi mellom prosjektets informasjonsgrunnlag og prosjektets utvikling av usikkerhet. Som det vises i Figur 10 er det i startfasen av prosjekter hvor det er størst mangel på informasjon. Sett sammen med Figur 9 er det for denne fasen hvor usikkerheten også er størst. Den manglende informasjonen for den tidlige fasen kan ofte være en av årsakene til utvikling av prosjektets usikkerhet.

Det er imidlertid viktig å presisere at Figur 10 er basert på en gjennomsnittlig fordeling av prosjekter i byggebransjen. Som tidligere nevnt i 3.2.1 vil usikkerheten for rehabiliteringsprosjekter være høyere enn for nybyggingsprosjekter, som gjør at kurven for usikkerhet vil kunne utarte seg annerledes enn illustrert i Figur 10. Lund et al. (2016) nevnte blant annet utfordringer i form av at bygningstekniske feil og skader blir oppdaget, og at ukjent teknisk tilstand vil kunne være utfordrende. Dette er usikkerheter som vil kunne påvirke usikkerhetskuren til figuren.



Figur 10: Usikkerhet og tilgjengelig informasjon Samset (2015)

3.6.1 Digital byggeprosess sett opp mot tradisjonell byggeprosess

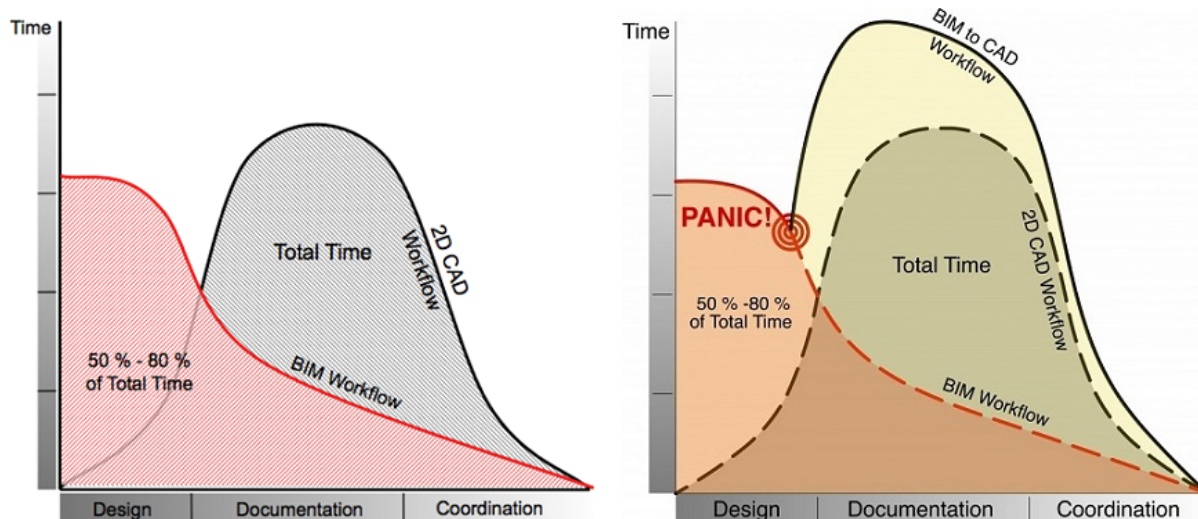
Den generiske karakteristikken for en tradisjonell byggeprosess vil kunne avvike ved at forutsetningene for prosessen blir endret som følge av hendelser som oppstår uforutsett, faktiske forhold som blir omdefinert og tidligere beslutninger som blir omgjort (Eikeland, 2001). Som tidligere beskrevet i 3.2.1 er det en rekke usikkerheter og utfordringer tilknyttet rehabiliteringsprosjekter, som vil kunne påvirke byggeprosessens forløp og karakteristika.

Solas (2016) beskriver at digitalisering og innovative teknologier og byggemetoder som 3D skanning, droner og BIM vil kunne forbedre produktiviteten, kvalitet og usikkerhet i tillegg til at prosjektstyring og prosedyrer vil bli forenklet og forbedret. Digitalisering og innovative teknologier og byggemetoder har derfor som formål å redusere usikkerhetsmomentene beskrevet av Eikeland (2001), samt de generelle utfordringene for rehabiliteringsprosjekter beskrevet i 3.2.1.

Prosjekteiere får stadig opp øynene for å kunne dra nytte av digital teknologi for sine prosjekter. Spesielt fremtredende er bruk av BIM i byggeprosessen for å fjerne usikkerhetsmomenter og redusere risiko i så stor grad som mulig (Hardin & Mccool, 2015). Byggenæringens landsforening kom i 2017 ut med et digitalt veikart som omhandler BAE-sektorens byggeprosess (Bnl, 2017). Det digitale veikartet og Kvalshaugen og Groskovs (2020) nevner fire forutsetninger for heldigitalisering av byggebransjen:

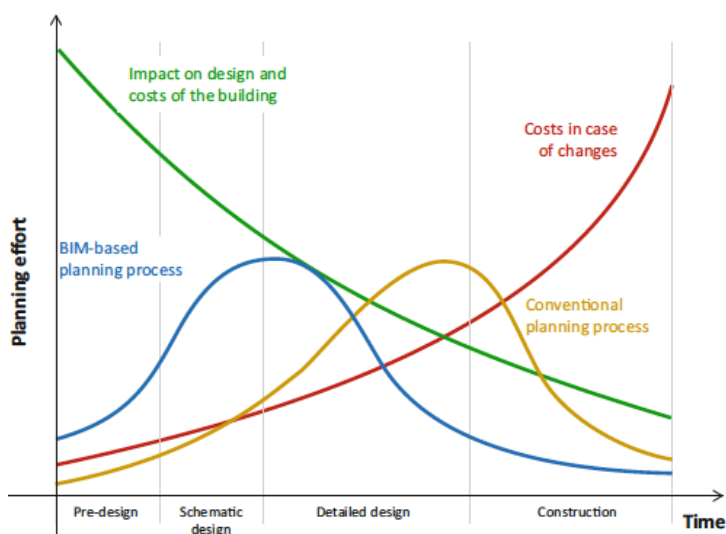
- Felles digital plattform for informasjonsdeling og informasjonsflyt.
- Lover, regler og standarder må legge til rette for samhandling og informasjonsforvaltning mellom de involverte aktørene.
- Næringen må kompetanseutvikles innenfor digitalisering.
- For å realisere gevinstene av digitalisering må beste praksis for digitale arbeidsprosesser og forretningsmodeller spres, og effekten av disse må måles.

Videre beskriver Bnl (2017) at den digitale byggeprosessen starter med å prosjektere og planlegge det som skal bygges digitalt. For at den digitale plan- og prosjekteringsprosessen skal optimaliseres, forbeholder det at all nødvendig informasjon blir hentet inn i et tidlig stadiet. Som det fremkommer fra Figur 11 vil det, sammenlignet med en tradisjonell byggeprosess, resultere i betydelig mer tidkrevende plan- og prosjekteringsprosess.



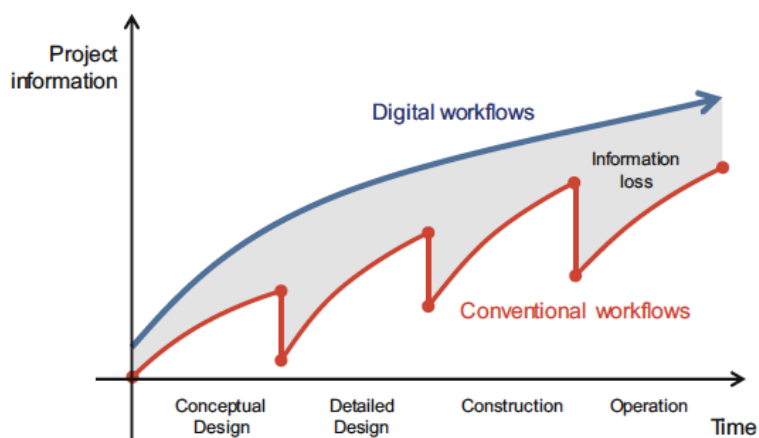
Figur 11: Tidsbruk digital byggeprosess (Stoor Team, 2020)

En BIM-basert planleggingsprosess legger til rette for planlegging av koordineringskrav og beregningsanalyser på et tidlig stadiet, illustrert i Figur 12 (Borrmann et al., 2018). Sammenlignet den tradisjonelle byggeprosessen, vil det muliggjøre tidlig evaluering av konsekvenser for beslutninger og identifisering av mulige konflikter. Det henger sammen med illustrasjonen gitt i Figur 10, hvor usikkerheten påvirkes av tilgang på nødvendig informasjon, og Eikeland (2001) sin beskrivelse av hvordan feil og manglende informasjonsgrunnlag påvirker prosjektets kostnadsoverskridelser.



Figur 12: BIM-basert planleggingsprosess (Borrmann et al., 2018)

Samset (2015) beskrev tidligere synergien mellom mangel på nødvendig informasjon og utvikling av prosjektets usikkerhet. I tillegg hevder Samseth at det på ett eller annet tidspunkt i prosjektet ville forekomme mangel på nødvendig informasjon. Som illustrert i Figur 13, vil i følge Borrmann et al. (2018) alt for mye verdifull informasjon bli borte i løpet av prosjektets totale livssyklus. Det kommer som følge av at informasjon i den tradisjonelle byggeprosessen overleveres tegningsbasert eller oversendes manuelt i begrensede digitale formater mellom de ulike fasene. Borrmann et al. hevder at bruk av BIM vil redusere informasjonstapet, ved at nødvendig informasjon blir lagret og utvekslet gjennom digitale verktøy.



Figur 13: Informasjonstap tradisjonell arbeidsflyt vs digital arbeidsflyt (Borrmann et al., 2018)

3.7 Forutsetninger for digital byggeprosess

For å få til en vellykket digital byggeprosess, krever det en innsats fra aktørene i BAE-sektoren (Bnl, 2017). Det digitale veikarter fremhever at det vil kreve en innsats fra spesielt fire aktører:

- Byggherrer gjennom krav til at prosjektering og leveranse gjennomføres digitalt
- Eiere av varer tar eierskap til varens respektive informasjon
- Offentlige myndigheter må tilrettelegge for digitalisering
- Interesseorganisasjoner i byggenæringen

Av disse blir spesielt byggherre sitt ansvar for innovasjon gjennom digitalisering trukket frem. I likhet med det digitale veikartet fremmer Kvålshaugen og Groskovs (2020) et behov for at byggherre stiller krav til den digitale byggeprosessen. Det omhandler krav til bruk av digitale verktøy som muliggjør utveksling av informasjon mellom aktørene gjennom BIM, og at det utarbeides kravspesifikasjoner til BIM som skal lette samhandlingsprosessen mellom prosjektets prosjekterende og utførende.

3.7.1 Krav

Kravspesifikasjonene til BIM blir definert gjennom prosjekttilpassede BIM-manualer, som skal gi en beskrivelse av modelleringens utførelse gjennom krav til prosess og modellering (Borchsenius et al., 2020). Kravsettet baserer seg på kunnskap om hva og hvordan BIM skal bli brukt til for hvert enkelt prosjekt. Ettersom alle prosjekter skiller seg fra hverandre, må disse prosjekttilpasses. Leveransekrav som definerer kvaliteten, innholdet, modellmodenhetsindeks (MMI) og føringer for hva som forventes levert (både tidspunkt og til hvilke aktører) er noe av det som burde inngå i kravsettet.

Borchsenius et al. (2020) kommer med en anbefaling for hvilke minimumskriterier som burde inngå i kravsettet. Kriteriene er gitt ved:

- Navngiving av modellobjekter og -filer.
- Georeferering
- Grunnregler i forbindelse med praksis for modellering
- Informasjonsinnholds krav for objekter
- Bruk av IFC
- Leveranse av BIM som as-built-grunnlag

I dag oppleves at flere byggherrer begynner å lykkes med å stille nødvendige krav til BIM i byggeprosjekter (Kvålshaugen & Groskovs, 2020). Krav til BIM-kompetanse, BIM-leveranse/BIM-forventninger og prosesskompetanse vil være forutsetninger for å lykkes med en digital byggeprosess (Bråthen et al., 2017). Kravene må tydelig defineres i konkurransegrunnlaget/ytelsesbeskrivelsene, slik at det fremkommer en felles forståelse av hva som er forventet. Videre etterspørres økt BIM-kompetanse fra alle fagdisipliner, slik at gode tverrfaglige beslutninger raskt kan bli fattet.

3.7.2 Kompetanse

Forrige delkapittel ga en innføring i hvilke krav og kriterier som byggherre burde definere ved gjennomførelsen av BIM-baserte byggeprosjekter. Kravene og kriteriene er likevel ikke definerte i den grad at de gir en innføring i hva de burde inneholde og hvordan de burde bli utformet. Bestillerkompetansen til byggherre er derfor avgjørende for at disse blir utformet i samsvar med deres forventninger. Likefullt er de øvrige aktørenes kompetanse essensiell for at byggherres krav og kriterier blir fulgt.

I Oscar-Andersen (2020) sin forstudie for utvikling av forretningsmodeller, standarder og teknologi i norsk byggebransje har de funnet en rekke utfordringer forbundet byggeprosessens aktører sin digitale kompetansen. Tabell 9 gir en beskrivelse av de overordnede og mest kritiske funnene i forstudien.

Tabell 9: Utfordringer med digital kompetanse (Oscar-Andersen, 2020)

<i>Utfordring</i>	<i>Beskrivelse</i>
Byggherres bestillerkompetanse	<ul style="list-style-type: none"> • Byggherres interne bestillerkompetanse oppleves som manglende • Manglende tillit blant entreprenørene til modellene som blir levert i anbudsgrunnlaget fra byggherre og modeller levert fra rådgivende ingeniører. • I de fleste prosjekter forespør ikke byggherre bruk av BIM for produksjonsfasen. Ved tilfeller hvor det blir forespurt vet ikke byggherre hvordan de skal bruke as built-modellen videre etter prosjektferdigstillelse. • Byggherres valg av prosjektleder baseres ofte på erfaring. Menn i 60-årene som benytter arbeidsmetoder og prosesser brukt på 80-tallet blir ofte valgt. • Forståelsen for gevinstene ved bruk av BIM oppleves som varierende blant ledelsen. Det resulterer i at byggherres vilje til å investere i innovasjon, BIM-kompetanse og bruk av BIM i prosjekter blir neglisjert. • Manglende bestillerkompetanse fra byggherre resulterer i at friksjoner for grensesnittet mellom de ulike disiplinene oppstår. BIM sitt fulle potensiale blir først realisert når kompetente byggherrer stiller nødvendige krav til samhandling.
Kostnad i forbindelse med innovasjon	Viljen til å investere i kompetanse og teknologi oppleves som begrenset.
Samhandling i en digital byggeprosess	Det oppleves som vanskelig for mange aktører å endre den tradisjonelle arbeidsmetodikken. Resultatet er at overgangen til en digital byggeprosess blir utfordrende.
Avvik og feil i BIM-modell	Feil, mangler og avvik i BIM-modellen kommer som en konsekvens av manglende kompetanse og manglende samhandling. Det fører til at snarveier blir tatt i prosessen.

Interne barrierer	<ul style="list-style-type: none"> • Manglende BIM-kompetanse fører ofte til at BIM-koordinatorer må benyttes. Disse er ofte dyre og vanskelig å finne. • Kompetansen for bruk av BIM oppleves som varierende innad i bedriften. Fremfor at bruk av BIM drives frem av BIM-entusiaster, burde det fremkommes som en integrert del av forretningsplanene.
Store offentlige vs mindre private byggherrer	Nyttekompetansen for bruk av BIM er varierende blant byggherrer. Store offentlige byggherrer driver frem standardiseringsprosessen, men en direkte overføring av disse standardene til mindre komplekse prosjekter kan virke hemmende.
Prosjekterende sin BIM-kompetanse	BIM-kompetansen blant prosjekterende oppleves som svært varierende.
Standardisering	For å utnytte BIM sitt fulle potensiale kreves en standardisering som skal fremme digitalisering av tekniske grensesnitt, kontrakter og arbeidsprosesser.

3.7.3 Standardiserte kontrakter

En utfordring med standardkontraktene som benyttes i dag er at de ofte baserer seg på standarder som i liten grad legger til rette for digitalisering (Oscar-Andersen, 2020). Disse standardene baserer seg i stor grad på førdigital 2D, som låser kontrakten mot et analogt underlag og hemmer den dynamiske prosessen med digitalisering. Samsvaret mellom samhandling og bruk av BIM skaper i den forbindelse dissonans med målene for samhandling. Den dynamiske prosessen hindres av standardkontrakter som ikke legger til rette for samhandling, ved at aktører fraskiver seg ansvar og sikrer seg mot risiko. Oscar-Andersen hevder videre at det ikke vil være mulig å oppnå potensialet til BIM før veletablerte samspillskontrakter benyttes.

3.7.4 Kontraktsforutsetninger

For å kommunisere med markedet, inngår ofte ytelsesbeskrivelser som en del av konkurransegrunnlaget (Bråthen et al., 2017). Ytelsesbeskrivelsene skal definere og tydeliggjøre byggherre sine ønsker. Ved utydelig definering av ytelsesbeskrivelsen vil arkitekter, rådgivende konsulenter og entreprenører basere prisning av prosjektet etter deres oppfatning av byggherre sine krav, og bemanne prosjektet med den kompetansen de anser som tilstrekkelig for å oppfylle dette. For at BIM skal kunne bli brukt i samprosjektering, forbeholder det derfor at byggherre evner å definere det som er ønsket tydelig i konkurransegrunnlaget.

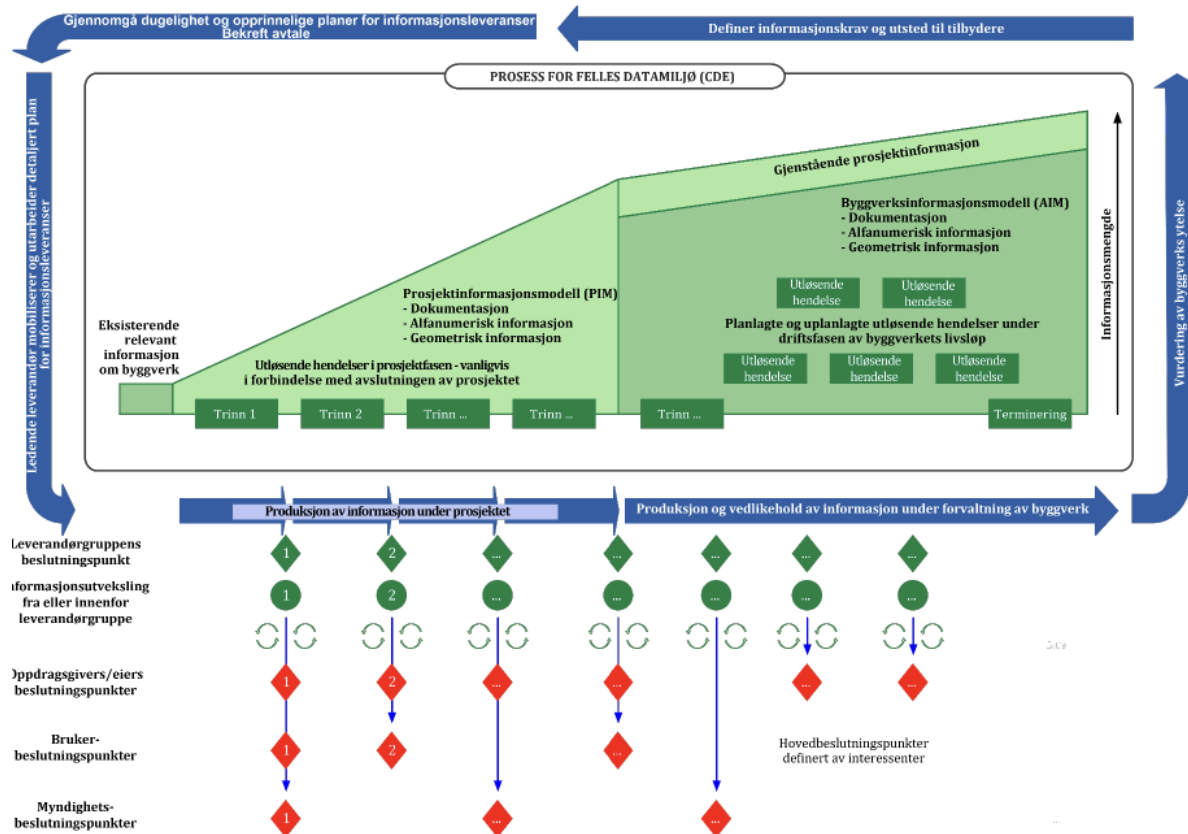
Et viktig premiss er at BIM-manualer og ytelsesbeskrivelser må prosjektilpasses og samsvare (Bråthen et al., 2017). Ved mislighold av dette, vil det kunne føre til feilprisning av tilbud som gir grunnlag for endringer, honorarer og diskusjoner. Det som tidligere har blitt beskrevet som byggherres bestillerkompetanse vil spille en viktig rolle for å unngå disse utfordringene. Oscar-Andersen (2020) beskriver i Tabell 9 at denne kompetansen oppleves som varierende. Ofte kan byggherrer ha en tendens til å ha forventninger til BIM som er urealistiske. Bråthen et al. (2017) hevder at den urealistiske forventningen kan være en kilde til konflikt. Eksempelvis vil endringer for en informasjonsrik BIM-modell sammenlignet en enkel modell være tidkrevende. Byggherres forståelse og kompetanse med håndtering av endring er derfor et viktig aspekt.

3.7.5 NS-EN ISO 19650

NS-EN ISO 19650 er en internasjonal standard ment som et rammeverk for forvaltning av informasjon gjennom BIM for hele byggverkets livssyklus (ISO 19650-1, 2018). Formålet er å legge til rette for digitalt samarbeid blant alle involverte aktører, og gi føringer for hvordan informasjon burde styres og deles med BIM. Standarden er delt inn i flere deler, hvorav del 1 omhandler begreper og prinsipper mens del 2 tar for seg prosjektfasen. På bakgrunn av oppgavens avgrensning, vil ikke de resterende utgavene ta del av denne studien.

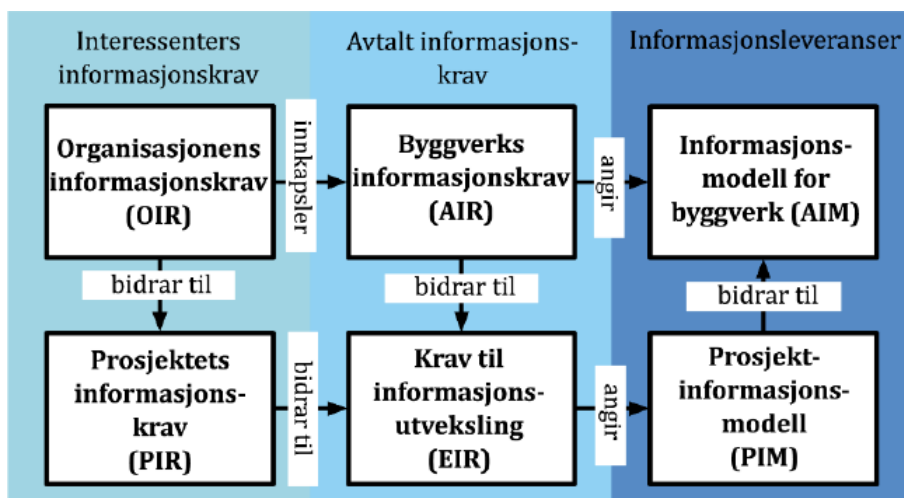
Standarden fungerer som en BIM-gjennomføringsplan (BIM Execution Plan - BEP), som har til hensikt å planlegge bygg i en tidlig fase med bruk av BIM (ISO 19650-2, 2018). Da standarden gjelder for hele byggets livssyklus, vil den kunne bli tilpasset ulike typer byggverk og prosjekter av ulik kompleksitet og størrelse. ISO 19650-1 (2018) presiserer derfor at den kan bli tilpasset og brukt for prosjekter som omhandler arbeider på eksisterende bygningsmasse.

NS-EN ISO 19650-1 skiller mellom begrepene prosjektinformasjonsmodell (Project Information Model - PIM) og informasjonsmodell for byggverk (Asset Information Model - AIM). Prosjektinformasjonsmodeller og informasjonsmodeller for byggverk er strukturerte datalagre for strukturert og ustrukturert informasjon nødvendig for beslutningstaking (ISO 19650-1, 2018). Som det fremkommer fra Figur 14 starter prosjektet med en prosjektinformasjonsmodell, som blir beriket med informasjon ved leveranse av informasjonskrav (Exchange Information Requirement - EIR) løpende gjennom byggeprosessen. Etter byggeprosessens ferdigstillelse blir modellen til AIM for driftsfasen, hvor ISO 19650 (3) gir videre føringer for denne fasen. Basert på oppgavens avgrensning vil ikke overgangen fra PIM til AIM være en del av denne studien.



Figur 14: PIM og AIM (ISO 19650-1, 2018)

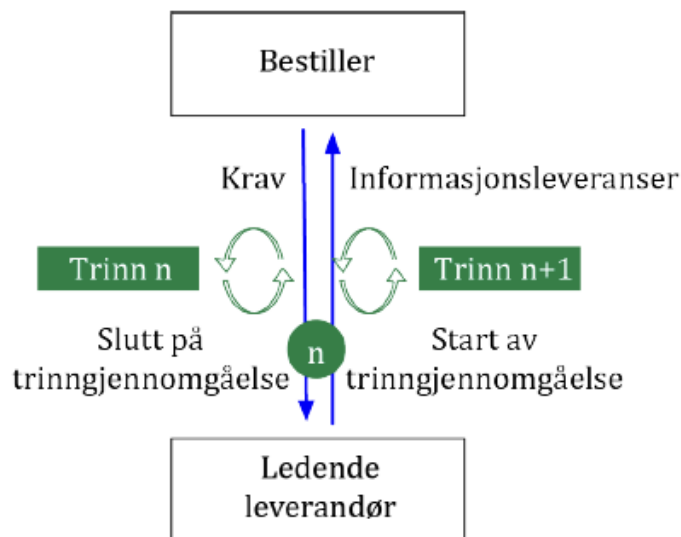
ISO 19650-1 (2018) tar for seg hvilke informasjonskrav (Information Requirement - IR) som skal svare til en informasjonsmodell (Information Model - IM). Disse danner videre grunnlag for utarbeidelse av prosjektinformasjonsmodell og informasjonsmodell for byggverk. Sammenhengen mellom de forskjellige typene for informasjonskrav og informasjonsmodeller er illustrert i Figur 15.



Figur 15: Informasjonskrav i informasjonsleveransesyklus (ISO 19650-1, 2018)

Informasjonsleveransesyklus

Det første steget i BIM-gjennomføringsplanen er at informasjonsutvekslingkrav (Exchange Information Requirement - EIR) fundamenteres i organisasjonens informasjonskrav (Organization Information Requirement - OIR) (ISO 19650-1, 2018). Som illustrert i Figur 16 har informasjonskravene (IR) til hensikt å gi føringer for informasjonsmodellen (IM). Kravene burde uttrykkes ut fra bestiller sin hensikt med modellen for prosjektfasen. Bestillerkompetansen, tidligere ble beskrevet i 3.7.2, vil derfor spille en viktig rolle for at kravene kommer tydelig frem. Ved begrenset erfaring og bestillerkompetanse, nevner standarden at det er mulig å engasjere eksterne parter til å definere disse kravene på vegne av byggherre.



Figur 16: Informasjonskrav for informasjonsutveksling (ISO 19650-1, 2018)

Videre omhandler neste del av BIM-gjennomføringsplanen å dele opp informasjonsutvekslingkravene (EIR) inn i prosjektets informasjonskrav (Project Information Requirement - PIR) og byggverkets informasjonskrav (Asset Information Requirement - AIR). Byggverkets informasjonskrav (AIR) er krav til informasjon som må til for å kunne bygge og drifte byggverket, mens Prosjektets informasjonskrav skal svare til de strategiske målene til byggherren og identifiseres fra prosjektledelsesprosessen i form av krav til mennesker, prosess og teknologi (ISO 19650-1, 2018). Som tidligere beskrevet i 3.1, samsvarer dette med de tre faktorene som Hardin og Mccool (2015) trekker frem for vellykket bruk av BIM.

4 Resultater

Dette kapittelet presenterer bearbejdet data innhentet fra gjennomførte intervjuer. Kapittelets disposisjon er forsøkt videreført fra teorikapittelet, for å skape en strukturert fremstilling mellom teori og empiri for videre diskusjon.

Som tidligere beskrevet i kapittel 2 Metode, har det blitt gjennomført 10 semistrukturerte dybdeintervjuer av 11 aktører som inngår i rehabiliteringsprosjekter. Utvelgelsen av intervjuobjekter tok utgangspunkt i et strategisk utvalg, ved seleksjon basert på egnethet. Det var ønskelig å ikke utelukke muligheten for geografiske forskjeller. To av intervjuobjektene har derfor tilhørighet utenfor de største byene i Norge. Tabell 10 gir en gjengivelse av intervjuobjektene som har bidratt med empiri for studien.

Tabell 10: Gjengivelse av intervjubjekter

<i>Intervju</i>	<i>Yrke</i>	<i>Lokasjon</i>	<i>Erfaring</i>	<i>Gjennomførelse</i>
1	Offentlig byggherre	Trøndelag	31 år	Fysisk
2	Offentlig byggherre	Trøndelag	10 år	Fysisk
3	Entreprenør	Møre og romsdal	9 år	Digitalt
4	Konsulent	Trøndelag	28 år	Fysisk
5	Offentlig byggherre	Oslo	40 år	Digitalt
6	Entreprenør	Oslo	6 år	Digitalt
7	Oppmåler	Hamar	20 år	Digitalt
8	2stk entreprenører	Oslo	23 år og 25 år	Digitalt
9	Konsulent	Oslo	7 år	Digitalt
10	Oppmåler	Stavanger	16 år	Digitalt

Av hensyn til personvern, vil gjengivelse av fagdisiplinene bli referert til i form av deres respektive stilling. Herunder byggherre, entreprenør, konsulent og oppmåler. Ved sammenfallende funn på tvers av fagdisiplinene, vil "intervjuobjektene" bli brukt som samlebetegnelse.

For å tydeliggjør funn fra hvert fagområde baserer store deler av resultatet seg på direkte sitering. For å unngå gjentakende setningsoppbygging ved sitering, er det valgt å gjengi direkte sitat etter avsnittet som omhandler siteringen. På den måten vil ikke siteringen ha ytterligere innledende oppbygging, annet enn avsnittet siteringen gjenspeiler. Under hver sitering vil respondenten som har avgitt siteringen bli presisert. Det vil ikke bli ytterligere belyst med verken lokasjon eller antall år erfaring. Siteringene vil derfor ikke gjenspeile hvilke av de sammenfallende aktørene fra tabell 10 som har gitt siteringen.

4.1 Rehabiliteringsprosjekter

Det fremkommer overensstemmelse blant intervjuobjektene at rehabilitering av eksisterende bygningsmasse vil være økende i tiden fremover. Av de som begrunnet hvorfor det vil oppleves en økning, baserer svaret seg på økt fokus på bærekraft. En av konsulentene beskriver at det alltid har vært aktuelt å rehabilitere, men at et nytt premiss har påvirket bransjen, nemlig bærekraft.

4.1.1 utfordringer og barrierer for rehabiliteringsprosjekter

Den ene konsulenten beskriver byggetekniske krav (TEK17), hovedombygging og antikvarisk verdi som generelle utfordringer for rehabiliteringsprosjekter. Dette er forhold som uten ytterligere dispensasjon må følges, setter begrensninger og gir føringer for hva prosjekteringen må ta hensyn til. Den samme konsulenten, og en oppmåler, nevner at byggetekniske krav kan være utførende å tilfredsstille når prosjekteringsfeil oppdages på et sent tidspunkt. Slike feil er ofte tids- og kostnadsdrivende, ved at omprosjektering må forekomme på et kritisk tidspunkt i byggeprosessen. Et vanlig problem er for lav netto fri takhøyde, som oppdages ved at tekniske installasjoner kolliderer i hverandre.

Både konsulenten og oppmåleren er av samme oppfatning at prosjekteringsfeilene ofte kommer som en konsekvens av feil i informasjonsgrunnlaget som prosjekteringen baserer seg på. Avvik i eksisterende tegningsunderlag og upresise manuelle oppmålinger beskrives å være primærkilden til feil i prosjekteringsgrunnlaget.

“Dette klarer jeg fint å måle, jeg har gjort det mange ganger. Da støter du på de samme problemene du har gjort mange ganger og.”

Oppmåler

8 av intervjuobjektene påpeker at hovedutfordringene med et rehabiliteringsprosjekt, som skiller seg fra nybyggingsprosjekter, er usikkerheten rundt den eksisterende bygningsmassen. Usikkerheten oppstår som en konsekvens av utilstrekkelig, utydelig eller avvikende informasjon om den faktiske tilstanden. Det utløser et behov for å anskaffe oppdatert informasjonsgrunnlag for den eksisterende bygningsmassen, som konsulentene kan legge til grunn for videre prosjektering.

4.2 BIM i rehabiliteringsprosjekter

Bruk av BIM blir beskrevet som avgjørende for rehabiliteringsprosjekter. Intervjuobjektene ble forespurt hvordan utviklingen har vært, hvilke gevinster det potensielt kan realisere og hvilke utfordringer som foreligger for bruk av det digitale verktøyet.

4.2.1 BIM sin utvikling i rehabiliteringsprosjekter

To entreprenører beskriver at de opplever varierende bruk av BIM i sine rehabiliteringsprosjekter. Den ene beskriver at bruken av det digitale verktøyet ikke har vært nevneverdig, men at det har forekommet en forbedring i løpet av de siste to årene. Forbedringen kommer som følge av økt fokus på bærekraft og en modning av BIM i bransjen. Den andre hevder at bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter kan være et "dilemma". Faktorer som prosjektets størrelse, kompleksitet, omfang og økonomi er primært faktorene som har neglisjert bruk av BIM i deres tidligere rehabiliteringsprosjekter.

Ni av de andre intervjuobjektene beskriver at det ikke oppleves manglende bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter, men mangel på bruk av BIM som baserer seg på oppdatert informasjonsgrunnlag for den eksisterende bygningsmassen. Den ene entreprenøren beskriver det som at det aldri har vært aktuelt å ikke bruke BIM i rehabiliteringsprosjekter, men at bransjen har en vei å gå når det kommer til å knytte BIM opp mot den eksisterende bygningsmassen.

"Det er generelt lite beskrevet hvordan man skal ivareta det eksisterende bygget med tanke på BIM. Det er en forutsetning om at det er noe vi løser, og det er nok noe vi ikke så gode på å løse."

Entreprenør

Dersom nåsituasjonen i bransjen blir betraktet, trekker den ene entreprenøren frem at BIM blir brukt ved utarbeidelse av produksjonsunderlag, arbeidstegninger og modeller, uavhengig om det er nybyggings- eller rehabiliteringsprosjekt. Forskjellen fra tidligere og nå er informasjonsgrunnlaget modellen baserer seg på. En sammenligning for digital rekonstruksjon i 2010 og 2023 blir trukket frem. I 2010 var det vanlig å sende eksisterende tegninger til det entreprenøren beskriver som "lavkostland". I dag oppleves økt fokus på anskaffelse av oppdatert informasjonsgrunnlag, som følge av at tegningsunderlaget ofte var manglende og inneholdt feil og avvik. For anskaffelse av oppdatert informasjonsgrunnlag for den eksisterende bygningsmassen, hevder entreprenøren at bransjen er avhengig av å implementere nye verktøy i form av skanneteknologi.

"Det å kunne fange nåsituasjonen av det eksisterende bygget er nøkkelen, og det er ikke gamle eksisterende tegninger som er kilden til det."

Entreprenør

De ni intervjuobjektene fremmer skanneteknologi som et viktig verktøy for innhenting av oppdatert informasjon av den eksisterende bygningsmassen. Teknologien har lenge vært tilgjengelig, men har i følge oppmålerne vært begrenset av brukerkompetansen og programvare til mottaker og teknologien for å innhente ønsket data. En konsekvens av dette er at implementeringen ikke har vært nevneverdig før 2-3 år siden.

Begge oppmålerne hevder at det har forekommet store teknologiske fremskritt innen skanneteknologi de siste 8 årene. Den teknologiske utviklingen har resultert i effektivisering og tidsbesparelse av prosesser for innhenting av ønsket data. Mest aktuelt for utviklingen i dag beskrives å være automatisk prosessering av punkttsky i felt. Utfordringen med å levere dette som prosjektgrunnlag, beskrives å være manglende pålitelighet for nøyaktigheten. Slike punktskyer inneholder færre punkter, som gir mulighet for at vridninger kan oppstå ved skanning av lengre distanser. Som en konsekvens utfører den ene oppmåleren fremdeles manuell prosessering for å sikre at nøyaktigheten tilfredsstillers deres interne krav til nøyaktighet.

I følge oppmålerne har bransjen som tilbyr skanneteknologi vært preget av økt konkurranse blant tilbydere. Effektivisering av prosesser og økt konkurranse er begge bidragsgivende for kostnadsutviklingen. I følge den ene oppmåleren har det ført til at dagens priser er tilsvarende 1/5 sammenlignet 5-6 år siden. Med dagens kostnadsutvikling har skanneteknologi i større grad blitt mer aktuell, også for prosjekter av ulik størrelse.

I følge en av oppmålerne oppleves det som at bransjen begynner å få øynene opp for de potensielle tids- og kostnadsbesparelsene videreføring av oppdatert prosjektgrunnlag til BIM kan realisere, spesielt for rehabiliteringsprosjekter. I følge den ene konsulenten er prosjekterings- og produksjonsunderlaget for et rehabiliteringsprosjekt langt mer uvisst og utfordrende enn for nybyggingsprosjekter. Frykten for prosjekteringsfeil har følgelig ført til økt interesse for teknologien.

Ved at konsulenter har benyttet teknologien i tidligere prosjekter, ønsker de gjerne å videreføre det til neste. Det resulterer i at det ofte er konsulentene som ytrer et ønske om å få tildelt skannet underlag for prosjekteringen. Byggherrer som tidligere ikke er kjent med teknologien, blir derfor gjerne introdusert for den gjennom konsulenter som har benyttet skanning i tidligere prosjekter.

Felles blant entreprenørene er et ønske om å redusere eget ansvar, usikkerhet og risiko. Ved valg om å fravike fra digitalisering, vil entreprenøren ha ansvar for store deler av usikkerheten rundt den eksisterende bygningsmassen. Oppmåleren hevder at en direkte virkning av å anskaffe oppdatert digitalt prosjektgrunnlag er redusert usikkerhet og risiko i et prosjekt. For å redusere egen usikkerhet, risiko og ansvar, både i anbuds- og byggeprosessen, beskrives implementering av skanneteknologi derfor som et viktig element blant entreprenørene.

4.2.2 Gevinstrealisering ved bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter

I følge den ene konsulenten oppleves det gang på gang å være feil i utarbeidet prosjekt- underlag i rehabiliteringsprosjekter. Feil fra manuelle oppmålinger og modellering fra eksisterende tegningsunderlag som avviker fra den faktiske bygningsmassen, er blant kildene til at feil oppstår i det prosjekterte underlaget. Bruk av BIM som baserer seg på feil prosjekteringsgrunnlag, har i den forstand satt begrensninger for gevinstrelaiseringen for bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter.

Konsulenten beskriver videre at slike feil ofte får konsekvenser for byggtekniske krav som skal overholdes. Eksempelvis fører kollisjon av tekniske installasjoner i himling til et behov for omprosjektering. Ofte kan det gå på bekostning av netto fri takhøyde, som gjør kravene til takhøyde i TEK17 utfordrende. Bruk av BIM som baserer seg på oppdatert prosjektgrunnlag legger til rette for tverrfaglig koordinering, reduksjon av prosjektert tidsforbruk, visuell kontroll og tidlig deteksjon av prosjekteringsfeil og kollisjoner mellom prosjekterte bygningselementer/tekniske installasjoner. På den måten vil omprosjektering kunne bli utført på et tidlig stadie, som reduserer muligheten for at tids- og kostnadsoverskridelser oppstår på et kritisk tidspunkt under byggeprosessen.

“Punktskymodell løser de aller fleste problemene tilknyttet prosjektering. Ingen prosjekt har større nytte av en sammenstilt modell og kollisjonskontroll enn rehabiliteringsprosjekter.”

Konsulent

Usikkerheten rundt den eksisterende bygningsmassen fører til at entreprenørene sliter med å kontinuerlig levere gode rehabiliteringsprosjekter. Det kommer som en konsekvens av at nye utfordringer oppstår for hvert prosjekt, som de ikke har evnen til å forutse. En av entreprenørene beskriver bruk av BIM som baserer seg på oppdatert informasjonsgrunnlag som en vel anvendt investering, helt essensielt for å redusere usikkerheten og kritisk for å øke kontinuiteten av vellykkede rehabiliteringsprosjekter.

Sammenlignet nybyggingsprosjekter, har usikkerheten rundt den eksisterende bygningmassen satt begrensninger for bruk av prefabrikkerte løsninger for rehabiliteringsprosjekter. Den ene byggherren beskriver det som at bruk av digital teknologi for å endre prosessene for hvordan rehabiliteringsprosjekter har blitt gjennomført, vil skape mer forutsigbar kvalitet, sikre fremdrift og effektivisere tilgjengelige ressurser. På den måten vil kontinuiteten av gode rehabiliteringsprosjekter bli forbedret. Det forbeholder god samhandling mellom rådgiver og entreprenør for å sikre bruk av BIM som baserer seg på oppdatert prosjekteringsgrunnlag.

4.2.3 utfordringer for bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter

I syv av intervjuene blir en utfordring med bruk av digitale verktøy for innhenting av digitalt prosjektgrunnlag nevnt å være at slike prosesser genererer store mengder data. Spesielt gjeldende for problemstillingen er prosjekter av stor størrelse. For prosjekter av denne størrelsesorden, blir både modell og punktsky levert som grunnlag for videre prosjektering. Konsulentene påpeker at det primært er modellen som blir anvendt som prosjekteringsgrunnlag, ettersom punktskyen består av mengder data som gjør det vanskelig å benytte seg av den til annet enn kontroll. Entreprenøren bekrefter dette ved følgende utsagn:

“Jeg opplever at vi svikter ganske ofte på å bruke den informasjonen man henter inn. Man skanner bygget, får en punktsky, overleverer den til rådgiverne, og så er det ingen som noen gang åpner den.”

Entreprenør

Ved slike tilfeller hevder oppmålerne at det ikke er kompetansen til konsulentene som setter begrensninger, men at programvaren til konsulentene ikke legger til rette for bearbeiding av data av denne størrelsesorden. Seks av intervjuobjektene påpeker at det har vært en økning av digital kompetanse for bruk av punktsky blant konsulentene de siste årene. Den ene entreprenøren hevder at det tidligere var kompetansen som satt størst begrensninger, men at det i dag oppleves å være programvaren som ikke er tilstrekkelig for håndtering av store punktskyer. For å forebygge denne problemstillingen, hevder en annen entreprenør at det er nødvendig å foreta en vurdering av hvorvidt konsulentene er rigget for å distribuere innhentet data.

“Vi må sikre at innhentet data er på et nivå som gjør at programvaren til rådgivende ikke kneler.”

Entreprenør

For å realisere gevinstene for bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter, forbeholder det en optimal byggeprosess hvorav krav, prosess, kompetanse, kunnskap og kontrakter vil ha innvirkning på utfordringene. Funn fra intervjuene som omhandler utfordringer tilknyttet disse aspektene vil bli presentert i kapittel 4.5.

4.3 BIM-modelleringsprosess for eksisterende bygningsmasse

For BIM-modellering i rehabiliteringsprosjekter, presiserer den ene byggherren viktigheten av å skille mellom to prosesser, henholdsvis modellering av en generisk ikke-produktspesifikk modell av den eksisterende bygningsmassen og en produktspesifikk modell for produksjonsfasen. Hovedforskjellen fra et nybyggingsprosjekt er planleggingsfasen, hvor den generiske modellen blir utarbeidet. Produktspesifikke modeller er standardprosedyrer, uavhengig av rehabiliterings- eller nybyggingsprosjekter.

For utarbeidelse av en generisk modell i planleggingsfasen, vil eksistens av tilgjengelig informasjon om den eksisterende bygningsmassen være avgjørende for hvordan prosessen gjennomføres. To av intervjuobjektene nevner at en klassisk FDV-leveranse ofte består av tegningssett med tilhørende dokumentasjon, uavhengig av om prosjektet er prosjekter med BIM eller ikke. Ved unnlatelse av levering av det originale formatet til modellen, resulterer det i at tidligere utarbeidet modell ikke vil kunne bli vedlikeholdt og brukt som grunnlag for videre prosjektering.

“En omstridt bransjediskusjon, som har vart så lenge jeg har vært med på det, er hvor noen parter i prosessen dytter åndsverkloven foran seg og gjerne vil skalere ned og begrense det leverte underlaget.”

Entreprenør

Entreprenøren hevder at dette skjer i frykt for at arbeidet skal brukes videre. At aktører som står så sentralt i prosessen for utarbeidelse av modeller og tilhørende underlag har andre mål om åpenhet og deling, gjør prosessen for videreføring vanskelig og reduserer effektiviteten.

Imidlertid er ikke den klassiske FDV-leveransen eneste kilden til manglende digitalt prosjektunderlag for eksisterende bygningsmasse. Den ene byggherren hevder at store deler av bygningsmassen ble bygget før bruk av BIM, som fører til manglende eksistens av tidligere utarbeidede modeller. Den ene konsulenten beskriver at manglende eksistens av modeller som kan bli brukt til grunnlag for videre prosjektering, resulterer i tre ulike metoder for anskaffelse av informasjon om den eksisterende bygningsmassen:

- Eksisterende tegninger
- Manuelle oppmålinger (ofte kombinert med eksisterende tegninger)
- Skanneteknologi

4.3.1 Eksisterende tegningsunderlag og manuelle oppmålinger

Seks av intervjuobjektene forklarer at bruk av eksisterende tegninger kombinert med kontrollmålinger kan resultere i mangelfullt underlag for videre prosjektering. Manglende nøyaktighet, feil og avvik blir nevnt som en konsekvens av:

- Endring underveis i byggeprosessen ikke blir oppdatert i tegningsunderlag eller modell. Det kan skyldes at entreprenør ikke melder inn endringer, eller at konsulenten ikke oppdaterer endringer.
- Endringer, ombygginger eller rehabilitering etter byggeprosjektets ferdigstilling ikke blir oppdatert i eksisterende tegningsunderlag eller modell
- Manuelle oppmålinger er tidkrevende og krever høy grad av presisjon og erfaring

To av byggherrene sine organisasjoner startet i 2010 en omfattende prosess med utarbeidelse av digitale rekonstruksjoner for den eksisterende bygningsmassen. Formålet med rekonstruksjonen er å bruke modellene i FDV-sammenheng og som grunnlag for fremtidige ombyggings- og rehabiliteringsprosjekter. En konsekvens av at rekonstruksjonen primært er basert på eksisterende tegningsunderlag, er varierende kvalitet på de digitale rekonstruksjonene. Ved å benytte de digitale rekonstruksjonene som anbudsgrunnlag, utløser den varierende kvaliteten et behov for utarbeidelse av modelldeklarasjoner. Modelldeklarasjonen har til formål å beskrive hvilke krav og forventninger som er gjeldende for leveranse ved prosjektferdigstilling, ettersom anbudsmodellen ikke tilfredsstiller disse kravene.

Som en konsekvens av at modellen i anbudsgrunnlaget er av lav kvalitet, resulterer det i at entreprenørene må etablere egne modeller for kontroll over mengder, bygningselementer og dimensjoner. Dette blir gjort for å redusere usikkerheten tilknyttet anbudsfasen, ettersom byggherrene ofte presiserer i grunnlaget at de ikke er ansvarlig for at den leverte modellen er avvikende. Den ene entreprenøren mener bransjen burde ha kommet så langt at "dobbelbookingen" kunne blitt unngått. En annen påpeker at aktørene må ha forståelse for at de ulike fasene har ulike behov. Det begrunnes med at byggherres bestilling i en tilbudsfasen i liten grad har relasjon med selve byggingen.

“Det at vi får underlag i en tilbudsfasen som ikke er egnet for bygging, det er jo ikke fordi de ikke har kompetanse til å bestille det, men fordi fokuset i denne fasen har vært noe helt annet.”

Entreprenør

Med utsagnet mener entreprenøren at de ulike fasene har ulik modenhet og ulike behov. En byggefase vil ha et økt behov for detaljering, mens fokuset ligger på et annet sted ved en generell bestilling i en før-fase. Dersom nøyaktigheten i en før-fase skulle tilfredsstilt entreprenørens krav og behov, ville det vært nødvendig med utarbeidelse av sjekklister for bestillingsprosessen. En slik prosess vil kunne føre til at bestillingsprosessen unngår å bli suboptimalisert for det ene formålet i en før-fase.

To av entreprenørene presiserer imidlertid at eksisterende tegningsunderlag ikke nødvendigvis er mangelfullt. For bygg driftet i mindre enn 20 år, kan ofte underlaget være godt målsatt og av god kvalitet. Det blir fremlagt et eksempel for et rehabiliteringsprosjekt med byggeår fra 2005. Underlaget, kombinert med kontrollmålinger, ble for dette prosjektet ansett som tilstrekkelig kvalitet for videre prosjektering.

4.3.2 3D skanning og fotogrammetri

For tilfeller hvor det ikke foreligger nøyaktig prosjektunderlag, fremkommer implementering av skanneteknologi som avgjørende for å hente inn oppdatert prosjekteringsgrunnlag. Tre av intervjuobjektene påpeker at utvendig skanning vil være avgjørende for rett omfang og plassering av bygget, mens innvendig skanning vil være avgjørende for kartlegging av etasjehøyder, rominndeling og konstruksjonselementer. På den måten bidrar 3D skanning til effektivisering av arbeidsprosesser, gir detaljert underlag, struktur på objekter og er mer oppklarende enn tradisjonelle 2D informasjonsunderlag som kan oppleves som misvisende.

For modellering basert på skannet underlag, beskriver oppmålerne at de benytter eksterne samarbeidspartnere i Estland og India. I den forbindelse blir generert punktsky eksportert til samarbeidspartnerne, og ferdig modellert modell blir tiltransportert tilbake. At modelleringen ikke utføres innad i bedriften skyldes to årsaker: BIM-kompetanse og økonomi. Det blir nevnt at kompetansen kunne blitt opparbeidet, men at de økonomiske besparelsene er førende.

I følge den ene entreprenøren vil tilfeller hvor punktsky blir tilsendt en ekstern part i et annet land være uheldig for prosessen forbundet etablering av modellen. Det begrunnes med at modellen kun vil være en geometrisk representasjon, uten tilhørende informasjon. Entreprenøren hevder at det foreligger et ansvar hos konsulentene, ettersom det prosjekterte grunnlaget må utarbeides av ansvarlig rådgiver.

“Man er avhengig av at det blir en del av prosessen, og ikke en sidestilt sak. Det får vi ikke fra den tiltransportert arbeid.”

Entreprenør

I tilbudsfasen hender det at entreprenørene foretar utvendig skanning av bygget med drone. Entreprenøren beskriver det som en investering i det å gjøre tilbudsarbeid, for å redusere usikkerheten på gitt tilbud. Oppmålerne beskriver at fotogrammetri tidligere ble brukt til tak og fasader, men at skanning fra drone (Lidar) i større grad blir brukt til disse formålene. Ved et ønske om svært høy detaljeringsgrad, hender det at det foretas en kombinasjon av skanning og fotogrammetri. Slike tilfelles anses som særegne, hvor ønsket detaljeringsgrad er svært høy. For dokumentasjon underveis i byggeprosessen blir fotogrammetri brukt blant en av entreprenørene, og for virtuell kontroll opp mot prosjektert modell.

4.3.3 Valg av metode for innhenting av informasjonsgrunnlag

Fra intervjuene kommer det frem fem punkter som påvirker valg av metode for innhenting av informasjonsgrunnlag:

- Hvilken nøyaktighet er det behov for?
- Prosjektets kompleksitet
- Prosjektets størrelse
- Byggets byggeår
- Økonomi

Blant de tre entreprenørene hevder den ene at skanning vil være nødvendig i alle typer rehabiliteringsprosjekter, mens de to andre fremmer at det er nødvendig å foreta en vurdering av hvilken nøyaktighet det er behov for. Primært er bruk av skanning aktuelt for de fleste rehabiliteringsprosjekter, men det er ikke nødvendigvis behov for nøyaktig underlag for alle prosjekter og formål. Vurderingen må basere seg på hvilken nøyaktighet det er behov for, som burde sammenfalle med prosjektets kompleksitet.

Ved tilfeller som ikke krever stor grad av nøyaktighet på underlaget, hevdes manuelle oppmålinger, eksisterende tegninger eller fotogrammetri å gi tilstrekkelig nøyaktighet. Eksempelvis omhandler dette for tilfeller hvor det foreligger stor grad av tillatte toleransegrenser. Ved slike tilfeller vil prosjektets kompleksitet bli ansett som lav, som følgelig gir et lavere behov for nøyaktighet på underlaget.

For komplekse bygg er det i følge de to konsulentene helt avgjørende at prosjektet har et godt underlag. Den ene hevder at prosjekter som passerer 3000m², og har et byggeår som tilsvarer at bygget er mer enn 50 år gammelt, utløser et behov for 3D skanning. Videre nevnes det at verneverdige bygg krever et spesielt godt prosjektunderlag, med høy grad av nøyaktighet. Slike prosjekter vil utløse et behov for skanning uavhengig av byggeår og størrelse.

Som følge av frykten for prosjekteringsfeil, ønsker konsulentene ofte høy grad av nøyaktighet på underlaget de baserer prosjekteringen på. I følge den ene konsulenten kan det oppstå friksjoner mellom frykt for prosjekteringsfeil og prosjektets økonomiske rammer. Entreprenøren med erfaring fra tidligere samspillsprosjekter beskriver økonomi som en utfordring, spesielt for poster i kalkylen som omhandler bruk av skanneteknologi.

“Jeg har vært med på at posten i kalkylen til skanning har blitt halvert under tilbudsprosessen, fordi byggherre mente det var for dyrt.”

Entreprenør

Entreprenøren beskriver at reduksjonen i kalkylen går på bekostning av frekvens og omfang av skannet underlag. For slike tilfeller vil det i følge oppmåleren bli gjennomført en kombinasjon av skanning og manuelle oppmålinger. Eksempelvis har oppmåleren erfart at det blir foretatt utvendig skanning, mens entreprenøren har påtatt seg ansvaret for innvendig oppmåling. I følge oppmåleren vil en slik tilnærming ikke ta alle økonomiske aspekter med i vurderingen.

Oppmålerne belyser at entreprenører ikke skal gå lenge med manuelle oppmålingsrunder, før det lønner seg å gjennomføre skanning. Ved at feil og unøyaktige mål blir hentet inn, resulterer det ofte i merarbeid og behov for ytterligere oppmålinger. Videre vil usikkerheten tilknyttet de manuelle oppmålingene kunne føre til tids- og kostnadsmessige konsekvenser videre i prosjektet. De to økonomiske aspektene oppleves å ikke bli betraktet når valg av metode blir vurdert av byggherre. Det kommer som en konsekvens av manglende kunnskap og vilje til å investere i teknologien.

4.4 Innovasjon

I intervjuene kommer det frem at manglende kunnskap om teknologien blant byggherrene setter begrensninger for utviklingen innen bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter. I følge den ene byggherren er kunnskap og vilje avhengige faktorer, hvor manglende kunnskap påvirker viljen til å adoptere nye innovasjoner.

“Når man velger å ikke digitalisere, er det sannsynligvis fordi man ikke kan nok om det. Jeg tror det er manglende kunnskap, og gjennom manglende kunnskap er det manglende vilje.”

Byggherre

De ulike fagdisiplinene opplever manglende forståelse for hvilke gevinster bruk av digitale verktøy kan ha for rehabiliteringsprosjekter, som resulterer i frykt for å investere i ny teknologi tidlig i prosjektet blant byggherrer. Den manglende forståelsen gjør at de ikke ser nytten av investeringen, som gjenspeiler en motvilje til å investere i ny teknologi, kunnskap og kompetanse. Konsulentene forklarer at de har et ansvar om å fremme, bevisstgjøre og klargjøre hvilke potensielle gevinster ny teknologi kan realisere for prosjekteringen, byggingen og tiden etter prosjektferdigstillelse. På den måten vil byggherrene tilegne mer kunnskap om teknologien, som skaper et bedre grunnlag for å adoptere eller avvise implementering av skanneteknologi i sine prosjekter.

“Man burde dele mer kunnskap om punktsky, vise frem for bransjen hva det er og ikke skremme dem med kostnader.”

Konsulent

En kilde til motvilje mot innovasjon og implementering av skanneteknologi blir beskrevet av tre intervjuobjekter som menneskelige faktorer, spesifikt rettet mot alder. En av entreprenørene beskriver byggebransjen som en tradisjonell bransje dominert av en majoritet konservative og analoge mennesker. Ifølge to av byggherrene utgjør eldre prosjektledere den største hindringen for digitalisering av bransjen.

“Etter hvert som prosjektledere engasjerer seg mer for problemstillingen, vil interessen øke. Ved at eldre prosjektledere skiftes ut med yngre, vil man se endring”

Byggherre

Fra intervjuene med byggherrene, beskrives deres vilje til utvikling å være en forutsetning for implementering av nye digitale verktøy. Det blir nevnt at forankring i ledelsen må være på plass, og at ledelsen må være villig til å investere i ny teknologi. Den ene byggherren vektlegger at store offentlige byggherrer vil ha et overordnede ansvar for adopsjon av innovasjon, ved at de ikke opererer meg forretningshemmeligheter. Den neste forutsetningen som blir nevnt er at offentlige byggherrer i tiden fremover må være villig til å besitte egen risiko. Det krever en endring i valg av entreprisereformer og inngåtte kontrakter, fra det som er bransjestandard i dag.

“Det man sliter med i dag er at mange store offentlige byggherrer bruker totalentreprise, nettopp for å slippe risiko”

Byggherre

4.5 Digital byggeprosess i rehabiliteringsprosjekter

To av intervjuobjektene beskriver den tradisjonelle byggeprosessen som sårbar, ved at enkeltpersoner besitter store deler av prosjektets informasjon. Det er sårbart etter som vi befinner oss i en tid hvor jobb og stillinger ofte blir skiftet. At informasjon går tapt i disse prosessene er generelt uheldig for alle type prosjekter, men spesielt rehabiliteringsprosjekter hvor det foreligger store usikkerhetsmomenter.

Et viktig aspekt ved digitale byggeprosesser er hvordan den digitale informasjonen blir håndtert. Funn fra følgende aspekter vil bli presentert:

- Hvilken digital informasjon som skal hentes inn for de ulike fasene
- Når den digitale informasjonen skal hentes inn

4.5.1 Digital informasjon for ulike faser i byggeprosessen

Tidligere i 4.3 ble viktigheten av å skille mellom modelleringsprosessen for den generiske (ikke-produktspesifikke) modellen for prosjekteringsfasen og den produktspesifikke modellen for produksjonsfasen beskrevet. Den ene konsulenten beskriver at byggherrer ikke stiller krav til hvilken informasjon som legges inn i modellen underveis i byggeprosessen, annet enn krav til hvilken informasjon som ligger i modell ved leveranse. I følge den ene byggherren skyldes det manglende kravspesifikasjon for hvilken informasjon som skal legges inn i modellen for de ulike fasene.

“Det er nok lurt at man opparbeider kokebøker på hvilken informasjon som skal legges inn. Hvilken informasjon trenger vi i planleggings- produksjons og driftsfase. All den informasjonen burde etter mitt syn legges inn så fort som mulig. Trenger vi den i FDV-sammenheng, så legg den inn så fort du får den.”

Byggherre

Ved at det ikke foreligger kravspesifikasjoner for hvilken informasjon som skal legges inn i den generiske modellen (as-built), beskriver byggherren som et resultat av at rehabilitering per dags dato er dårlig strukturert. Prosjektgjennomførelse hvor det blir stilt krav fra byggherren til hvilken informasjon som skal inngå i den generiske modellen vil derfor gjennomføres som pilotprosjekter. Det blir presisert at det ikke er her de store økonomiske gevinstene blir realisert, men kunnskap om denne prosessen blir skapt.

Sammenlignet et nybyggingsprosjekt, består byggeprosessen for et rehabiliteringsprosjekt av en ekstra fase - rivningsfasen. Ved utarbeidelse av en generisk modell (as-built) for den eksisterende bygningsmassen, presiserer byggherren at det vil gjenspeile et behov for parallell prosjektering med rivningsarbeidene. Følgelig må de respektive bygningselementene i modellen korrigeres. For denne fasen vil det være behov for samhandling mellom entreprenør og konsulent, hvor informasjon fra rivningsarbeidene må bli videreformidlet til konsulentene. På den måten vil de fortløpende oppdatere modellen med den nødvendige informasjonen. En slik prosess hevdes å være ny i "BIM-verden", som ikke er tilstrekkelig definert.

Formålet med å utarbeide as-built-modellen, med tilhørende informasjon om den eksisterende bygningsmassen, er i følge byggherren å ha et godt grunnlag for utarbeidelse av en produktspesifikk modell. Ferdigstillelse av rivningsarbeider vil i den forstand opptre som vendepunkt for korrektur av as-built-modellen. Det å berike modellen med den informasjonen man har, burde i følge byggherren være en pågående prosess gjennom hele byggesaken for å utarbeide en god produktspesifikk modell for sluttleveransen. En slik prosess forbeholder at store mengder informasjon blir hentet inn og lagt inn i modellen.

"Jeg tror på det å lagre mest mulig informasjon. Lagringsplass koster ikke penger. Du trenger ikke lagre den informasjonen du er 100% sikker på at du aldri kommer til å få bruk for."

Byggherre

I følge den ene entreprenøren vil for mange krav til objektinformasjon i modellen, ment for andre faser og formål, føre til at datakvaliteten forringes som en direkte konsekvens av tidspresstet for produksjonsfasen. Det hevdes å være viktig at byggherre skiller mellom tilgjengelig og nødvendig informasjon for de ulike fasene. Begrunnelsen er at den største andelen av kravene fra byggherre omhandler driftsfasen. Dersom byggherren har ambisiøse mål for driftssammenheng, hevder entreprenøren at disse kravene burde være en sidestilt sak for rådgivende etter endt ferdigstillelse av produksjonsfasen.

"Ved for mange informasjonskrav for elementene som skal vedlikeholdes like nøye i prosjekteringen inn mot byggingen (hvor alt koker), blir det fort dårlig klima."

Entreprenør

4.5.2 Tidspunkt for innhenting av digitalt informasjonsunderlag

Fra intervjuene fremkommer to klare skiller mellom tidspunkt for innhenting av prosjektgrunnlaget. Byggherrene ønsker å innhente informasjon om den eksisterende bygningsmassen så tidlig som mulig for utarbeidelse av as-built-modeller. Likefullt ønsker konsulentene å hente inn prosjekteringsgrunnlaget så tidlig som mulig, slik at de får kartlagt hva de må forholde seg til under prosjekteringen. I motsetning ønsker entreprenørene at skanningen gjennomføres etter lettriving. Bakgrunnen skyldes at de har et ønske om å innhente informasjon om eksisterende konstruksjonselementer.

I følge oppmålerne kan skanning i en tidligfase resultere i utfordringer med at konstruksjonen er blendet av bygningselementer. Ofte kan det resultere i et ytterligere behov for skanning i en senere fase av byggeprosessen. Dersom formålet med skanningen er å skaffe informasjon om den eksisterende konstruksjonen, hevder oppmålerne at skanning etter lettriving vil være mest egnet. Det samsvarer imidlertid ikke alltid med prosjektets fremdriftsplan, ettersom konsulentene får tildelt underlaget på et senere tidspunkt. Videre vil det forringe muligheten for utarbeidelse av en informasjonsrik as-built-modell i en tidlig fase.

“Noen ganger er vi inne så tidlig at det strengt tatt er for tidlig. Noen tenker de skal være tidlig ute, så er all konstruksjonen blendet. Da er det egentlig bortkastet.”

Oppmåler

I en av entreprenørens pågående samspillsprosjekt, ble det etter konsulentens ønske forsøkt gjennomført skanning på et tidlig stadie. Som en konsekvens av at store deler av konstruksjonen var blendet, ble det foretatt antakelser som viste seg å være feil. Underlaget viste seg å ikke inneha tilstrekkelig grad av nøyaktighet, som skapte frustrasjon i prosjekteringsfasen. Det utløste et behov for ytterligere skanning etter at rivingsarbeidene var ferdigstilt. For neste byggetrinn i prosjektet, ble det enighet om å gjennomføre skanning etter lettriving. Entreprenøren beskriver det som tidkrevende prosess, men at det kan gi stor verdi i prosjektet.

Oppmålerne beskriver at det er viktig å definere hva som er behovet og hva formålet for skanningen er. Dersom formålet er å hente inn informasjon om den eksisterende bygningen for utarbeidelse av en informasjonsrik as-built-modell, vil skanning i en tidligfase gi et godt grunnlag. Ved formål om å skaffe informasjon om den eksisterende konstruksjonen, vil det imidlertid være mer egnet å gjennomføre skanningen etter at rivningsarbeidene er ferdigstilt. Tidspunkt vil derfor variere ut fra hva som er formålet.

4.6 Forutsetninger for digital byggeprosess

For den digitale byggeprosessen ble intervjuobjektene forespurt hvilke forutsetninger som vil være gjeldende for en vellykket digital byggeprosess. Spørsmålene omhandlet hvilke krav, kunnskap, kompetanse og kontraktsbestemmelser som vil legge til rette, eller setter begrensninger, for bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter.

4.6.1 Krav

I følge den ene entreprenøren vil digital kompetanse variere innad i ulike firma. Dersom prosjektporteføljen består av en kombinasjon av prosjekter med krav til BIM-kompetanse og prosjekter som ikke har BIM-kompetansekrav, er det naturlig å tilegne tilgjengelig kunnskap og kompetanse der det blir stilt krav til det. For en vellykket digital byggeprosess, hevder entreprenøren at det forutsetter at det blir stilt krav til BIM-kompetanse. På den måten vil prosjektet bli satt sammen av personer med omforent kompetanse.

“Du kan kreve så mye BIM du vil, men har du ikke med deg riktig folk med riktig kompetanse, får du en tung reise. Det er viktig at når man henter inn konsulenter og entreprenører at man krever en form for BIM-kompetanse.”

Entreprenør

Fra intervjuene kommer det frem at kravspesifikasjonene til BIM skal defineres gjennom prosjekttilpassede BIM-manualer, som alle involverte aktører skal sette seg inn i og følge. Den ene konsulenten beskriver det som at manualen inneholder premisser som kan være kritisk for prosjektet. Intervjuobjektene påpeker følgende krav som skal inngå i manualen:

- Krav til prosess
- Koordinering og kollisjonskontroll
- Informasjonskrav
- As-built
- Tekniske krav (felles nullpunkt, koordinatsystem, filformat/filstørrelse)
- Nøyaktighet/detaljering
- Samhandling
- Leveranse ved prosjektferdigstillelse

BIM-manualen beskrives å være et godt verktøy for å definere krav til BIM, så fremt den utarbeides riktig. Fem av intervjuobjektene har opplevd manglende eksistens eller varierende kvalitet på manualen i rehabiliteringsprosjekter. Oppmålerne beskriver at de aldri har opplevd å få tildelt BIM-manual for rehabiliteringsprosjekter, kun nybyggingsprosjekter. En utfordring ved mangelen er valg av koordinatsystem. Dersom det prosjekteres med bruk av forskjellige koordinatsystem, beskriver oppmåleren at det vil kunne oppstå utfordringer i forbindelse med skalering og vridning.

Ingen av intervjuobjektene har opplevd at det har blitt stilt krav til hvilken informasjon som skal bli lagt inn i modell under byggeprosessen, utover krav til sluttleveranse. Mangelen på denne kravspesifikasjonen, er det byggherren i 4.5.1 omtaler som behovet for å utarbeide en "kokebok", som må implementeres i BIM-manualen. I følge den ene konsulenten er det de som sitte på kunnskapen og kompetansen for disse fasene.

"Vi sitter på mer kompetanse enn kunden. Det er vi som sitter på spisskompetansen på hvordan jobben skal gjøres."

Konsulent

Oppmålerne beskriver at detaljeringsgrad ofte kan være et kompromiss. Høy grad av detaljering genererer store mengder objekter i en modell. Detaljeringsgraden oppleves som en synergi mellom hva prosjektet krever og hva som blir krevd i prosjektet. Hva prosjektet krever baserer seg i stor grad på prosjektets kompleksitet. Den største faktoren er i følge oppmåleren hva bestiller krever, men at deres krav burde sammenfalle med hva prosjektet krever.

"De er ofte ikke så flinke til å definere nøyaktighetskrav. Hvor nøyaktig skal modellen være? For det er veldig kostnadsdrivende."

Oppmåler

To av intervjuobjektene fremmet et behov for krav til samhandling. Det burde stilles krav til prosess for deling av filformater som letter samhandling og koordinering mellom de ulike fagene. For optimal samhandling, koordinering og virtuell kontroll, burde samhandlingsplattformen legge til rette for koordinering av de virtuelle modellene opp mot punktskyen.

"Det å ha inn som krav at det brukes en form for delt samhandlingsplattform tenker jeg burde komme inn som krav."

Oppmåler

Felles blant de tre byggherrene som har blitt intervjuet, fremkommer det at alle har krav til leveranse av modell ved prosjektferdigstilling. Utfordringene i forbindelse med kravspesifikasjonen for leveranse av modellen nevnes å være:

- Rom for mistolkninger
- Kan oppleves å være for omfattende
- Tidspunkt for når kravene blir satt

I følge en av byggherrene gir den utarbeidede kravspesifikasjonen rom for mistolkninger. Udefinerte/utydelige krav kan i følge en av konsulentene resultere i merarbeid underveis i prosjektet, både for de som prosjekterer og de som bygger. Videre blir det beskrevet av en annen byggherre at kravspesifikasjonen ofte kan virke for omfattende, og at det må gis dispensasjon på noen krav. Det blir gjort for å ikke skape misnøye og beholde ro i prosjektet. Entreprenørene beskriver at de ofte opplever at byggherrer kan stille for mye krav til det som er unødvendig, og for lite krav til det som er nødvendig.

“Det er meningsløst å levere en modell som ikke blir brukt fordi den ikke inneholder riktig informasjon. Det kan gå begge veier, både med for lite og for mye informasjon.”

Entreprenør

Videre beskriver to av entreprenørene tidspunkt for når kravene blir satt som avgjørende for hvordan konflikter utarter seg underveis i prosjektet. Begge intervjuobjektene fremlegger at de opplever at kravene blir innført eller endret underveis i byggeprosessen. Endringer av krav som forekommer i en tidspresst fase av byggeprosessen beskrives å være en kilde til konflikt. Entreprenørene tydeliggjør at kravene må tydelig defineres og fremkomme i konkurransegrunnlaget for å unngå dannelsen av konflikt.

“En konfliktskaper kan være at kravene kommer frem underveis, uten at vi har fått priset det inn. Det går litt på kompetansen, at de ikke skjønner hvor omfattende det er. Hovedsakelig går det ut på å klargjøre det tidlig nok.”

Entreprenør

Den siste entreprenøren beskriver at offentlige byggherrer har et ansvar med å stille krav og forvente leveranser utover norm. Offentlige byggherrer må utfordre bransjen, slik at den utvikler seg. Ikke kun på fri vilje, men at det blir en del av det aktørene konkurrerer på. Entreprenøren beskriver at denne tilnærmingen kan oppleves som litt røff i starten, men at aktørene må løse det på en måte som gjør at de ønsker å arbeide videre på den måten.

“Det er viktig at offentlige byggherrer utfordrer bransjen og sørger for at vi beveger oss. Ikke bare på fri vilje, men at det blir en del av det vi konkurrerer på.”

Entreprenør

4.6.2 Digital kunnskap og kompetanse

Fra den ene byggherren blir det beskrevet at det er lett å bli blant de bedre når det kommer til å koble god rehabiliteringskompetanse (både i prosjekterings- og produksjonsfasen) opp mot bruk av BIM og nye digitale verktøy. Ikke nødvendigvis fordi det er enkelt, men fordi den eksisterende kunnskapen er spredt og i mange tilfeller manglende. Blant intervjuene blir spesielt tre utfordringer trukket frem:

- Manglende kunnskap om teknologien
- Manglende kompetanse blant konsulentene
- Manglende bestillerkompetanse blant byggherrer

Manglende kunnskap om teknologien

Utvalget av intervjuobjekter var strategisk utvalgt med tanke på geografisk lokasjon på fagdisiplinene, for å se om det var ulik kjennskap til teknologien som følge av geografiske forskjeller. To av intervjuobjektene hadde tilhørighet i bedrifter lokalisert på utsiden av store byer. De to intervjuobjektene tydeliggjorde at geografiske forskjeller påvirker kjennskapen til teknologien. Oppmåleren tydeliggjorde dette ved å referere til et tidlige møte med 15 aktører fra byggebransjen. 1/15 hadde benyttet seg av BIM og skanneteknologi i sine tidligere rehabiliteringsprosjekter. Det begrunnes med at aktørene i bransjen ikke har kjennskap til hvilke muligheter teknologien kan gi før de blir introdusert for den.

“Det er helt sikkert folk som kan mye om det, og kan fortelle om det. Jeg har bare hørt litt om det.”

Entreprenør

Blant de resterende intervjuobjektene med lokasjon i storbyene Oslo, Trondheim og Stavanger blir teknologien omtalt som kjent blant de fleste aktørene. Imidlertid blir det nevnt at aktører som har tidligere kjennskap til skanneteknologien, kan ha en tendens til å henge fast ved gamle kostnadsbilder. Tidligere var slike tjenester preget av høye kostnader. Ved manglende kjennskap til dagens kostnadsutvikling, resulterer det i at flere av aktørene henger fast ved tanken om at slike tjenester er kostbare.

“Jeg tror veldig mange henger fast ved tanken om at dette er en dyr affære. Teknologien har blitt mer moden, flere tilbydere og reduserte priser. Det er ikke sikkert alle er like oppdatert på det.”

Entreprenør

Ved å henge fast ved gamle tanker om at slike tjenester er kostbare, fremhever den ene oppmåleren at bransjen ikke har et fullverdig grunnlag for vurdering av implementering eller avvisning av teknologien. I vurderingen blir skanneteknologi vurdert opp mot tradisjonelle metoder som manuelle oppmålinger og eksisterende tegningsunderlag. Ved å ikke være oppdatert på dagens kostnadsutvikling, vil ikke vurderingen gi et korrekt bilde av nåsituasjonen. Videre beskrives at det ofte blir glemt at det ofte ikke holder med én oppmålingsrunde ved manuelle oppmålinger. Feil, utilstrekkelige og unøyaktige mål som blir foretatt, utløser et behov for ytterligere manuelle målinger. Oppmåleren hevder i den forbindelse at en entreprenør ikke skal gå lenge med manuelle oppmålinger før det lønner seg med skanning. Ofte blir dette ikke tatt med i betraktningen.

Det fremkommer overensstemmelse blant aktørene at byggherrer mangler forståelse for hvilke gevinster bruk av BIM og skanneteknologi kan ha for rehabiliteringsprosjekter, hvor både manglende kunnskap og manglende oppdatert kunnskap har en forsterkende effekt. Den manglende forståelsen gjør at byggherrer betrakter nytten som lavere enn kostnaden av investeringen. Den manglende kunnskapen beskrives av den ene byggherren å være en av de største bremseklossene for digitalisering av rehabiliteringsprosjekter, ettersom det fører til redusert vilje til å investere i teknologi, kunnskap og kompetanse for bruk av digitale verktøy.

“Når man velger å ikke digitalisere, så er det jo fordi at man sannsynligvis ikke kan nok om det. Jeg tror det er manglende kunnskap, og gjennom manglende kunnskap er det manglende vilje.”

Byggherre

Manglende kompetanse blant konsulenter

I fire av intervjuene kommer det frem at det oppleves manglende kompetanse til å håndtere digitale underlag blant konsulenter. Den ene utfordringen baserer seg på bruk av punkttsky til å utarbeide en modell, hvor årsaken beskrives å være todelt. For få år tilbake hevdes kompetansen å ha vært utilstrekkelig, kombinert med programvarer som ikke var egnet for prosessering av data i denne størrelsesorden. Begge faktorene beskrives forbedret, som har resultert i økt bruk og forespørsel etter leveranse av punkttsky.

Imidlertid hevder to intervjuobjekter fra entreprenørsiden at det ikke har forekommet revolusjonerende forbedringer av programvarene benyttet av konsulenter. Likevel er det økt forespørsel på bruk av punkttsky blant konsulentene. De hevder i den forbindelse at det tidligere ble lagt for stort fokus på utilstrekkelig utviklet programvare, mens hovedproblemet egentlig lå på manglende kompetanse blant konsulentene. Den økende graden for bruk av punkttsky beskrives i den forbindelse som et resultat av økt kompetanse, ikke nødvendigvis digital utvikling av programvare.

“Tidligere hevdet de at det var helt umulig å bruke, mens nå etterspør de det. Da var det tydeligvis ikke helt umulig i starten heller sånn egentlig.”

Entreprenør

Den andre utfordringen omhandler prosjekteringslederens kompetanse for bruk av BIM. I følge entreprenøren er det vanlig at prosjekterende benytter seg av sidestilte BIM-koordinatorer ved prosjekteringen. Det beskrives å være utfordrende, ettersom prosjekteringslederne har et ansvar for å være en del av prosessen. De hevder at prosjekteringslederne i større grad burde frigjøre seg fra sidestilte koordinatorer, ved å tilegne mer egen kompetanse. På den måten vil de bli en integrert del av prosessen.

“Det er fort gjort at prosjekteringslederen skyver BIM over til en sidestilt koordinator. Ettersom det er veldig sentralt i prosjekteringen, er det egentlig noe prosjekteringslederen må forholde seg til, ikke en sidestilt koordinator.”

Entreprenør

Manglende bestillerkompetanse blant byggherrer

Samtlige intervjuobjekter beskriver god bestillerkompetanse som en forutsetning for at bruk av digitale verktøy skal gi videre verdi for byggherren. Det forbeholder at behovet blir tydelig definert, slik at det sammenfaller med forventningene. I åtte av intervjuene blir det understreket manglende bestillerkompetanse blant byggherrer, som følge av udefinerte og utydelige behovsavklaringer. Konsekvensen er at behovsavklaringen ikke harmonerer med det som er forventet.

“Hvis du bare sier at du skal ha BIM, så får du sannsynligvis ikke det du trenger.”

Entreprenør

Den ene byggherren beskriver det som at byggherrer sliter med å definere behovet. Byggherren har et ansvar med å finne ut hva de har behov for og beskrive hva som er formålet med modellen. Intervjuobjektene fremmet at det burde avklares i en tidlig fase, slik at det ikke fremkommer endringer underveis i prosjektet. På den måten vil konsulenter og entreprenører ha muligheten til å komme med sine råd og anbefalinger, for å optimalisere prosessen med å levere etter forventningene.

“Egentlig er det det å definere behovet som mange sliter med. Der har ulike organisasjoner ulike oppfatninger.”

Byggherre

Den ene konsulenten nevner at det ikke nødvendigvis er manglende kompetanse, men mangende erfaring som setter begrensninger blant offentlige byggherrer. Det hevdes at offentlige byggherrer har tilegnet seg kompetansen det er mulig å skaffe på området, men at bransjen befinner seg i en startgrop på bruk av skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter. Ettersom bestillerkompetanse er helt sentralt for å definere behovet, beskriver den ene entreprenøren at det ikke nødvendigvis er byggherren alene som skal stå for defineringen. Ved manglende kompetanse eller erfaring blir det nevnt at det kan være lurt å engasjere en eksternt part for å utarbeide avklaringene på vegne av byggherre. Det forbeholder at den eksterne parten er omforent med byggherren sine ønsker, behov og forventninger.

“Bestillerkompetanse er helt sentralt. Det er slett ikke sikkert at de skal sitte og gjøre dette selv, men kanskje heller be noen andre om å gjøre det for seg.”

Entreprenør

Den andre konsulenten beskriver manglende bestillerkompetanse som et resultat av manglende forståelse for prosess. Konsulenten har opplevd god bestillerkompetanse blant store offentlige byggherrer, ved at de har hatt forståelse for hvilke krav de kan stille i forhold til forventninger. Problemet blir beskrevet å oppstå når det er forskjeller mellom hva konsulenten er i stand til å levere og hvilke forventninger som blir satt til kvalitet, produksjonsunderlag og fremdrift. På en annen side blir det fremlagt eksempler på manglende forståelse for prosess blant mindre profesjonelle byggherrer.

“I forhold til mindre forståelsesfulle byggherrer, så er det rett og slett at de ikke skjønner prosessen og hva de faktisk har fått. De følger ikke kravene til prosess.”

Konsulent

Manglende forståelsen for prosess og hva som blir levert, beskriver den ene byggherren som en konsekvens av at feil krav blir stilt i forhold til hva som forventes. Tidligere har manglende bestillerkompetansen ført til at for mange krav har inngått i kravspesifikasjonen, som har resultert i forvirring av prosess og leveranse. Som en konsekvens resulterte det i leveranse uten nytte for byggherren.

“Tidligere har vi gjort feilen med å si man vil ha alt, så får man noe man ikke klarer å sjekke eller bruke. Det er den prosessen som er viktig, altså vite hva man bestiller.”

Byggherre

I 4.3.1 beskrev den ene entreprenøren bestillerkompetanse for bestillingsprosessen av digitalt prosjektgrunnlag som kompleks, ettersom de ulike fasene har ulike behov. Konsulentene beskriver at de har tett dialog med byggherre for å påse at deres behov blir tilfredsstilt ved bestilling i en tidlig fase. Som entreprenøren beskrev, kan behovet for denne fasen være annet enn for selve byggingen. Dersom entreprenørene også skal kunne dra nytte av det videre i prosjektet, forbeholder det at deres krav og behov også blir vurdert, gjennom økt bestillerkompetanse og en sjekklister for deres forventninger.

“Det er best at entreprenør eller konsulent står for bestillingen, fordi jeg stort sett opplever at det vi får fra byggherre ikke er godt nok. De kjenner ikke våre prosesser og hva vi er opptatt av.”

Entreprenør

4.6.3 Valg av entreprise og kontrakt

Fem av intervjuobjektene legger vekt på at de standardiserte kontraktene ikke legger til rette for digitalisering. Kontraktene oppleves som nøytrale for bruk av BIM og digitale verktøy, og er manglende i form av endring i prosess for digitaliseringen. Aktørene må følgelig foreta egendefinerte omformuleringer, utdypinger eller revisjoner. Eksempelvis tar NS8407 (totalentreprise) utgangspunkt i at "tegninger er førende". Omformulering gjort av entreprenøren er at "tegninger" har blitt byttet ut med "modell eller tegning og modell".

"Jeg tror ikke kontraktene fullstendig har tatt innover seg en endring i prosess, og de fordelene dette gir gjennom bruk av modeller og digitalisering. Når du gjør ting annerledes, for du gjør ting annerledes i rehabilitering sammenlignet nybygg, så har ikke jeg sett noen god standardisering av kontrakter for rehabilitering."

Byggherre

Samtlige intervjuobjekter nevner samspills-/samhandlingsentrepriser som en forutsetning for å forbedre prosesser ved digitalisering av rehabiliteringsprosjekter. Det for å legge til rette for økt samhandling, tverrfaglig koordinering, unngå avvik i modell underveis i byggeprosessen og deling av kunnskap og erfaring på et tidlig stadie. Først da vil prosessene for et rehabiliteringsprosjekt bli optimalisert, og de involverte aktørene enklere kunne tilpasse prosjektet mot byggherres behov og forventning.

"Hvis du virkelig skal kunne forbedre prosessene i et rehabiliteringsprosjekt, tror jeg samhandlingsentreprise er første veien å gå."

Byggherre

4.6.4 NS-EN 19650

Ved spørsmål om intervjuobjektene kjennskap til standarden ISO NS-EN 19650, fremkommer den som lite kjent blant aktørene, med unntak av de offentlige byggherrene. To av byggherrene beskriver at de i teoretisk sammenheng skjønner logikken, men at det er vanskelig å overføre det til praksis. For å unngå misforståelser, beskriver den ene byggherren at den konseptuelle idéen blir overført til en forenklet utgave. Mulighetene for misforståelser baserer seg i stor grad på terminologien fra teknisk fagspråk. Eksempelvis blir ord som PIM og AIM oversatt til prosjektmodell og forvaltningsmodell.

4.7 Tiltak for å redusere utfordringene

For å redusere utfordringene forbundet med digitalisering av rehabiliteringsprosjekter, ble intervjuobjektene spurt om å redegjøre tiltak som kan redusere omfanget eller hyppigheten av disse. Tabell 11 gir en oversikt over de nevnte tiltakene.

Tabell 11: Tiltak for å redusere utfordringene

<i>Tiltak</i>	<i>Beskrivelse</i>	<i>Benevninger</i>
Økt kompetanse	• Økt bestillerkompetanse	6
	• Etterspørre personer med BIM-kompetanse	1
	• Kompetanse til å benytte punkttsky	2
BIM-manual	Utarbeidelse av prosjektilpassede BIM-manualer som definerer krav til modellering og prosess	5
Behov, formål og forventning	• Tydelig definering av behov og formål	2
	• Tydelig definering av forventning	2
	• Engasjere eksterne til å definere behov ved manglende erfaring og kompetanse	1
Samspill	• Samspillskontrakt for å legge til rette for deling av kunnskap og erfaringer	3
	• Samhandlingsplattform for tverrfaglig koordinering og kollisjonskontroll	2
Nøyaktighet	Definering av nøyaktighetskrav	1
Tekniske krav	• Rett nullpunkt	1
	• Valg av koordinatsystem	2
Krav	Kravene burde komme allerede i forespørselen	1
3D Laserskanning	• Etablere punkttsky for modellering	1
Avvik i modell	Unngå avvik i modell ved å oppdatere kontinuerlig	1

4.7.1 Evaluering av tabell

En svakhet ved tabellen er at den ikke viser vektning av hvilke tiltak som blir ansett som mest kritiske, annet enn antall benevninger. Imidlertid er en slik vurdering vanskelig å foreta fra et intervju, da måten tiltaket blir lagt frem på må analyseres av den spørrende part. En mulig feilkilde er at det har blitt foretatt en feil vurdering av hva intervjuobjektene anser som de viktigste tiltakene ved en slik vurdering.

Tiltakene med flest benevninger som fremkommer i tabellen er økt bestillerkompetanse. Som det tidligere har blitt beskrevet, har bestillerkompetansen innvirkning på hvordan behov og formål blir definert og hvordan BIM-manual blir utarbeidet. Implisitt vil økt bestillerkompetanse kunne føre til tydeligere definering av behov, forventning og ønsket nøyaktighet og forbedret utarbeidelse av prosjektilpassede BIM-manualer. At tydelig definering av behov, formål og forventning kun blir nevnt av to, kan potensielt skyldes at de seks som nevnte økt bestillerkompetanse føler at det inngår i tiltaket.

Likefult gjelder det tiltaket for krav. Fra tabellen kommer det frem at kun ett av intervjuobjektene nevner tidlig definering av krav som tiltak. Gjennom intervjuene ble viktigheten av tidlig definerte kravene i konkurransegrunnlaget fremhevet blant flere av intervjuobjektene. Det vises imidlertid ikke fra tabellen.

5 Diskusjon

Kapittelet har til hensikt å diskutere funn fra resultatet opp mot presentert teori. Kapittelet er strukturert etter studiens forskningsspørsmål.

Innledningsvis gis en oversikt over studiens overordnede problemstilling, med tilhørende tre forskningsspørsmål, for å gi oversikt over kapittelets struktur. Den overordnede problemstillingen og forskningsspørsmålene er gitt ved:

Hvilke utfordringer og tiltak påvirker bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter?

- I. Hvordan har utvikling for bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter vært?
- II. Hvilke utfordringer begrenser bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter?
- III. Hvilke tiltak kan føre til at disse utfordringene reduseres?

Delkapittel 5.2, henholdsvis gjeldende for forskningsspørsmål II, er av stor betydning for funn gjort i studien. Bakgrunnen er at utfordringene som beskrives i forskningsspørsmål II har direkte innvirkning på funn gjort for forskningsspørsmål I og III. Forskningsspørsmål II danner derfor store deler av grunnlaget for funnene gjort for forskningsspørsmål I og III.

5.1 Utvikling av BIM og skanning i rehabiliteringsprosjekter

Fra det teoretiske rammeverket skiller Bråthen et al. (2017) mellom å betrakte BIM som et produkt (byggningsinformasjonsmodell) og prosess (byggningsinformasjonsmodellering). Hardin og Mccool (2015) fremlegger tre faktorer som avgjør om bruk av BIM og teknologi blir vellykket eller mislykket, ved prosess, atferd og teknologi. De tre faktorene blir fremstilt som en trebent krakk, hvor prosjekter må legge til rette for alle tre faktorene for at prosjektet skal bli ansett som vellykket.

Ved diskusjon av BIM og skanneteknologi sin utvikling i rehabiliteringsprosjekter, må utvikling av prosess, teknologi og atferd derfor ses i sammenheng. Det kan diskuteres hvorvidt den tilgjengelige teknologien er tilstrekkelig utviklet, eller om det er behov for ytterligere utvikling. Likefult gjelder dette for om prosess og atferd legger til rette for implementering av ny teknologi.

5.1.1 Prosess

Den ene entreprenøren sammenlignet prosessen for digital rekonstruksjon av eksisterende bygningsmasse i 2010 og i 2023. Før implementering av verktøy for innhenting av digitalt informasjonsgrunnlag for eksisterende bygningsmasse, var det vanlig å eksportere eksisterende tegninger til eksterne samarbeidspartnere i utlandet. Til forskjell fra å tidligere sende eksisterende tegningsunderlag, sender oppmålerne i dag innhentet punktsky til sine samarbeidspartnere i Estland og India for videre modellering.

At eksisterende tegninger tidligere ble sendt til utlandet for modellering, mens punktsky blir eksportert i dag, henger sammen med Hardin og McCool (2015) sin beskrivelse om at ny teknologi ofte blir implementert i gamle prosesser. Det blir derfor ikke tatt hensyn til at arbeidsprosesser og -flyt må endres for å oppnå full effekt av implementeringen. For å oppnå den fulle effekten, mener den ene entreprenøren at konsulenten som utarbeider modellen burde være en del av prosessen, og ikke utføres som en sidestilt sak.

Den andre utfordringen entreprenøren trekker frem er i forbindelse med prosjekteringen. Det oppleves at prosjektledere overlater BIM til en sidestilt koordinator. Oscar-Andersen (2020) understøtter dette ved å hevde at BIM-kompetansen blant prosjekterende oppleves som begrenset. Det kom tidligere frem at Bråthen et al. (2017) hevder at krav til BIM- og prosesskompetanse er en forutsetning for å lykkes med en digital byggeprosess. Ettersom det å prosjektere med BIM er sentralt i prosjekteringen, hevder entreprenøren at det er noe prosjekteringslederen må forholde seg til, ikke en sidestilt koordinator.

Behov, forventning og forståelse for prosess

Utfordringer med bestillerkompetanse er i følge den ene konsulenten en sammenheng mellom byggherres behov, forventning og forståelse for prosess, hvor forståelse for prosess blir nevnt å være hovedutfordringen. God forståelse for prosess innebærer at byggherrene vet hva de kan få, hvilke krav de kan stille og hvilke forventninger de kan ha. Sammenlignet mindre byggherrer, beskriver store offentlige byggherrer å ha bedre forståelse for prosess. At den ene offentlige byggherren nevner "Tidligere har vi sagt at vi vil ha alt. Det er det dummeste man kan gjøre. Egentlig er det det å definere behovet som mange sliter med. Der har ulike organisasjoner ulike oppfatninger", gjenspeiler at også store offentlige byggherrer tidvis sliter med å definere behovet.

Fra resultatet fremkommer det mangel på tydelig definering av behov og hva som er forventet. "Hvis du bare sier at du skal ha BIM, så får du sannsynligvis ikke det du trenger" blir nevnt av den ene entreprenøren. Første steg i BIM-gjennomføringsplanen ISO 19650-1 (2018) er at informasjonsutvekslingskrav (EIR) fundamenteres i organisasjonens informasjonskrav (OIR). Videre uttrykker standarden at kravene burde gjenspeile hensikt med modellen, som gjør bestillerkompetansen viktig for å få dette til. Det kan derfor tyde på at byggherrer sliter med å definere behovet og fundamentere informa-

sjonsutvekslingskravene i organisasjonens informasjonskrav. At byggherrene opplever ISO 19650 som tunglest og vanskelig å betrakte opp mot gjeldende praksis, kan resultere i at det er vanskelig å tyde hovedpunktene i standarden.

Ved at byggherrer sliter med å definere behovet tydelig i en tidlig fase, fremmer den ene entreprenøren en mulighet for at byggherrer ikke nødvendigvis burde stå for dette alene. *“Bestillerkompetanse er helt sentralt. Det er slett ikke sikkert at de skal sitte og gjøre dette selv, men kanskje heller be noen andre om å gjøre det for seg”* blir nevnt av den ene entreprenøren. Ved begrenset erfaring, nevner ISO 19650-1 (2018) at det er mulig for byggherrer å engasjere eksterne parter til å utarbeide kravene på vegne av byggherre.

Krav til prosess

Krav til BIM-leveranse, BIM-forventning og prosesskompetanse vil være en forutsetning for å lykkes med en digital byggeprosess (Bråthen et al., 2017). Kravene må tydelig defineres i konkurransegrunnet/ytelsesbeskrivelsen. Først da kan en felles forståelse for behovet og hva som er forventet bli fattet.

Kravspesifikasjonene til BIM blir definert gjennom prosjektilpassede BIM-manualer (Borchsenius et al., 2020). Manualen skal gi krav til prosess og modellering, og baserer seg på formålet for bruk av BIM i prosjektet. Som det fremkommer fra resultatet har ikke oppmålerne fått tilsendt BIM-manualer i sine tidligere rehabiliteringsprosjekter, mens seks andre intervjuobjekter nevner mangeler ved tildelte kravspesifikasjoner. At åtte av intervjuobjektene påpeker mangler ved BIM-manualene, kan derfor resultere i at det oppstår friksjoner mellom behovsavklaringen og hva som er forventet.

Et viktig premiss for en digital byggeprosess er at BIM-manualer og ytelsesbeskrivelser prosjektilpasses og samsvarer (Bråthen et al., 2017). Ved utydelig definering av ytelsesbeskrivelsen, vil aktørene prise prosjektet etter deres oppfatning av byggherre sine krav, og bemanne prosjektet etter kompetansen de anser som tilstrekkelig. En konsekvens av utydelig definering vil være at det vil kunne forekomme endringer underveis i byggeprosessen. Eikeland (2001) beskriver endringer som påløper på et sent tidspunkt i utviklings-/gjennomføringsfasen som en av hovedårsakene til kostnadsoverskridelser. Det er en av grunnene til at intervjuobjektene etterlyser at byggherrer tydelig definerer hva som er behovet i en tidlig fase.

Intervjuobjektene beskriver endringene som kostnadsdrivende ved at det gir merarbeid, og at de ville lagt opp arbeidet annerledes dersom det hadde vært en felles forståelse for behovet og hva som var forventet fra start. En av entreprenørene beskriver at de opplever at endringer forekommer underveis i byggeprosessen ved: *“En konfliktskaper kan være at kravene kommer frem underveis, uten at vi har fått priset det inn. Det går litt på kompetansen, at de ikke skjønner hvor omfattende det er. Hovedsakelig går det ut på å klargjøre det tidlig nok.”*

5.1.2 Teknologi

Ettersom BIM har blitt implementert i byggeprosjekter siden tidlig 2000-tallet, skulle man tro at bruk av digitale verktøy er godt innarbeidet i byggebransjen, også for rehabiliteringsprosjekter. To av elleve intervjuobjekter beskriver imidlertid at de opplever varierende bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter. De resterende ni beskriver at de ikke opplever manglende bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter, men manglende bruk av oppdatert informasjonsgrunnlag. Den ene konsulenten beskriver det som at det gang på gang oppleves å være feil i utarbeidet produksjonsunderlag, som følge av at prosjekteringen har basert seg på feil i informasjonsgrunnlaget.

Selv om to respondenter opplever varierende bruk av BIM, fremkommer det tydeligere mangel på implementering av digitale verktøy for innhenting av oppdatert informasjonsgrunnlag for den eksisterende bygningsmassen. Som fremvist i litteraturen, og som det blir presentert i resultatet, har skanneteknologi eksistert i mange år. Tre av intervjuobjektene hevder imidlertid at skanneteknologi ikke har blitt nevneverdig implementert i prosessen for anskaffelse av digitalt informasjonsgrunnlag før 2-3 år siden. Flere faktorer beskrives å ha påvirket dette, hvorav programvare for prosjektering, programvare for prosessering og verktøy for å innhente data blir nevnt blant faktorene.

I følge begge oppmålerne har det forekommet store teknologiske fremskritt innen verktøy og prosesser for innhenting av data de siste 8 årene. Det har resultert i mer effektive, tids- og kostnadsbesparende prosesser for å hente inn nødvendig informasjon. Likevel beskrives bruk av skanneteknologi å være begrenset av programvare for prosessering og prosjektering av punktsky for prosjekter av stor størrelsesorden.

Kovacic og Honic (2021) beskriver at as-built-modellering fremdeles gjennomføres manuelt, som følge av at automatisk BIM-modellering fra punktsky til semantisk rike BIM-modeller fortsatt er i en startfase. Flere og flere aktører arbeider med utvikling av automatisk prosessering av punktsky, hvorav Trimble Realworks blant annet ble nevnt i det teoretiske rammeverket (Trimble, udatert). Oppmålerne beskriver at teknologien for automatisk prosessering i felt finnes, men at det fortsatt er usikkerhet tilknyttet nøyaktigheten ved automatisk prosessering og modellering. For å sikre at levert punktsky og modell innehar ønsket nøyaktighet, gjennomfører de derfor fremdeles manuell prosessering og modellering.

Det blir generert store mengder data for prosjekter av særs stor størrelsesorden. For slike tilfeller beskriver intervjuobjektene at det ikke vil være kompetansen til konsulenten som setter begrensninger, men at data og programvare ikke er tilstrekkelig utviklet for håndtering av slike mengder digital informasjon. "Vi må sikre at innhentet data er på et nivå som gjør at programvaren til rådgiveren ikke kneler" blir nevnt av den ene entreprenøren. Det kan derfor diskuteres for at det er et behov for videre utvikling av programvare for prosjekter av stor størrelse.

5.1.3 Atferd

I følge den ene byggherren vil byggherrens vilje til utvikling være en viktig forutsetning ved implementering av ny teknologi. Det forbeholder forankring i ledelsen og en vilje til å investere i den nye teknologien. I følge oppmålerene begrenses implementering av skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter av byggherres vilje til å gjøre investeringer i en tidligfase av prosjektet. Oscar-Andersen (2020) bekrefter dette ved å beskrive byggherre sin vilje til å investere i kompetanse og teknologi som begrenset.

Det oppleves varierende forståelse for gevinst av BIM og implementering av ny teknologi, som resulterer i motvilje til å investere i innovasjon, BIM-kompetanse og bruk av BIM i prosjekter (Oscar-Andersen, 2020). Hardin og Mccool (2015) hevder at bruk av BIM og ny teknologi forbeholder en fremtidsrettet tankegang, og at denne tankegangen er minst like viktig som selve teknologien og prosessen. Den fremtidsrettede tankegangen kan derfor oppleves som manglende ved motvilje til å investere i ny teknologi på et tidlig stadie. Manglende kunnskap om mulige fremtidige gevinster blant byggherrer, kan være med på å forsterke motviljen til å investere i ny teknologi, og begrense den fremtidsrettede tankegangen.

Byggherrer som ikke er kjent med skanneteknologi, blir gjerne introdusert for den gjennom konsulenter som har benyttet seg av den tidligere. Det første stadiet i Rogers sin innovasjonsbeslutningsprosess, knowledge stage, innebærer at kunnskap om innovasjonens eksistens blir samlet inn (Sahin, 2006). I tre av intervjuene blir menneskelige faktorer i form av alder beskrevet som en av de største bremseklossene for innovasjon, hvor eldre prosjektledere blir trukket frem. Valg av prosjektledere baserer seg ofte på erfaring, hvor menn i 60-årene som benytter arbeidsmetoder og -prosesser fra 80-tallet blir utvalgt (Oscar-Andersen, 2020). Ved at eldre prosjektledere fremdeles benytter gamle arbeidsmetoder og -prosesser, kan det tolkes som et resultat av motvilje til å tilegne kunnskap om innovasjonens eksistens blant disse prosjektlederne.

Tidligere i 2014 var skannetjenester av høy kostnad (Volk et al., 2014). At bransjen henger fast ved gamle tanker om at slike tjenester er kostbare, er med på å begrense viljen til å investere i teknologien i en tidlig fase av prosjektet. Intervjuobjektene fremmer et behov for at bransjen tilegner oppdatert kunnskap om dagens kostnadsutvikling, for å øke viljen til å investere i ny teknologi.

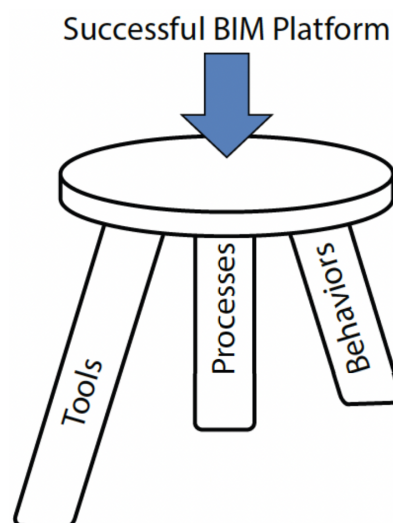
Sahin (2006) påpeker at kunnskap om prinsippene bak hvordan og hvorfor innovasjonsadopsjon kan lykkes, vil redusere sannsynligheten for tidlig avvisning av adopsjonen. I denne sammenhengen understreker konsulentene deres ansvar for å fremme hvilke fordelene teknologien kan realisere, både for prosjektet og for hele byggets livssyklus. På den måten vil bærekraft tydeligere komme frem, da teknologien kan bli benyttet gjennom hele byggets livssyklus. Det forutsetter at konsulenter aktivt formidler hva teknologien kan bli brukt til, både for prosjektet og for byggets totale livssyklus.

Et individ som innehar all nødvendig kunnskap om innovasjonen, kan likevel avvise innovasjonen (Sahin, 2006). Påvirkninger av kolleger og jevnaldrende er blant faktorene som kan påvirke valg av adopsjon. Den ene byggherren beskriver det ved: "Etter hvert som prosjektledere engasjerer seg mer for problemstillingen, vil interessen øke. Ved at eldre prosjektledere skiftes ut med yngre, vil man se endring". Det kan komme som følge av det Rogers definerer som "passiv avvisning" fra den eldre generasjonen, hvor avvisningen er en forutinntatt beslutning (Sahin, 2006). Blant mange aktører oppleves det som vanskelig å endre tradisjonelle arbeidsmetoder, som utfordrer overgangen til en digital byggeprosess (Oscar-Andersen, 2020). Motvilje til å endre tradisjonelle arbeidsmetoder, vil forsterke den passive avvisningen.

5.1.4 Sammenheng mellom prosess, atferd og teknologi

Blant de tre faktorene prosess, atferd og teknologi, oppleves det å være et sentrert fokus på teknologisk utvikling blant aktørene. Det kan diskuteres hvorvidt teknologien legger tilstrekkelig til rette for bruk av skanneteknologi i BIM-prosesser, likefullt som det kan diskuteres hvorvidt utvikling av prosess og atferd er preget av et etterslep.

Figur 17 er en egenprodusert figur som har tatt utgangspunkt i Hardin og Mccool (2015) sin figur for "Successful BIM Platform". Formålet med den egenproduserte figuren er å illustrere at både teknologi, prosess og atferd må utvikles parallelt. Ved å ikke være bevisst på dette, vil det kunne resultere i at den teknologiske utviklingen passerer utvikling av prosess og atferd. Det vil resultere i en krakk som har mistet sin funksjon, da den er avhengig av tre like lange bein. Det er derfor viktig at bransjen er oppmerksom på at prosess og atferd må utvikles i samsvar med teknologien, slik at implementering av ny teknologi ikke begrenses av prosess og atferd.



Figur 17: Dagens oppfattelse av teknologi, prosess og atferd.

5.2 Utfordringer for BIM og skanning i rehabiliteringsprosjekter

Både det teoretiske rammeverket og resultatet fra intervjuene fremmer utfordringer tilknyttet informasjonsgrunnlaget for rehabiliteringsprosjekter. Ved anskaffelse av oppdatert informasjonsgrunnlag, blir utfordringer for teknologi, prosess, atferd, kompetanse, kunnskap og valg av kontrakt/entreprise trukket frem. Videre vil disse bli diskutert, med unntak av prosess, atferd og teknologi ettersom det tidligere ble diskutert i 5.1.

5.2.1 Digitalt informasjonsgrunnlag

StandardNorge (2023) hevder at bruk av BIM legger til rette for bedre kommunikasjon mellom aktører og at mindre feil blir gjort. Likevel opplever den ene konsulenten feilprosjektering og sein deteksjon av feilprosjektering som utfordringer med rehabiliteringsprosjekter, selv ved bruk av BIM. Lund et al. (2016) beskriver det som en konsekvens av at informasjonsgrunnlaget oppdages for seint. Mangel på denne type informasjon er det Samset (2015) definerer som mangel på nødvendig informasjon.

Fra resultatene kommer det frem at feilprosjektering og sein deteksjon av disse ofte skyldes feil i prosjektgrunnlaget. Den ene entreprenøren beskriver situasjonen som: "Det å kunne fange nåsituasjonen av det eksisterende bygget er nøkkelen, og det er ikke gamle eksisterende tegninger som er kilden til det". Eksisterende tegninger som avviker fra den eksisterende bygningsmassen, og feil forbundet med manuelle oppmåler, nevnes blant kildene til slike inkonsistenser i prosjekteringsgrunnlaget. DiBk (2015) begrunner det med at den tradisjonelle formen for innhenting av bygningsinformasjonsgrunnlaget er tidkrevende og utsatt for feiltakelser.

Det oppleves som vanskelig for mange aktører å endre den tradisjonelle arbeidsmetodikken (Oscar-Andersen, 2020). Resultatet er at overgangen til en digital byggeprosess blir utfordrende. For anskaffelse av oppdatert informasjonsgrunnlag, vil det forbeholde en endring i tradisjonelle arbeidsprosesser. Det baserer seg på Bnl (2017) sitt andre punkt for innovasjonsnivåer av digitalisering for byggebransjen, ved at etablerte prosesser utføres på en ny måte.

5.2.2 Krav

To av byggherrene har startet en digital rekonstruksjonsprosess av den eksisterende bygningsmassen for FDV og prosjektgrunnlag for anbudsfasen ved ombyggings/ rehabiliteringsprosjekter. Som følge av den varierende kvaliteten på modellene fra det eksisterende tegningsunderlaget, har det ført til et behov for en modelldeklarasjon ved bruk av modellene i anbudsgrunnlaget. Hensikten med modelldeklarasjonen er å definere hvilke krav som er gjeldende for as-built-modellen, ettersom modellen i anbudsgrunnlaget ikke tilfredsstiller disse.

Variierende kvaliteten på modellene levert i anbudsgrunnlaget fører til manglende tillit til modellene som blir levert Oscar-Andersen (2020). Den ene entreprenøren beskriver det som at man må ha forståelse for at ulike faser har ulike behov ved: "Det at vi får underlag i en tilbudsfasen som ikke er egnet for bygging, det er jo ikke fordi de ikke har kompetanse til å bestille det, men fordi fokuset i denne fasen har vært noe helt annet". Imidlertid blir det nevnt at en sjekkliste ved digital rekonstruksjon i en før-fase, ville kunne lagt til rette for at bestillingsprosessen ikke ble suboptimalisert behovet i en før-fase. Sjekklisten må således inneholde fagdisiplinene sine krav og behov.

Krav til digital byggeprosess

For en digital byggeprosess, forbeholder det krav fra byggherre til at prosjektering og leveranse gjennomføres digitalt (Bnl, 2017). Fra byggherrer forbeholder det krav til digital byggeprosess gjennom kravspesifikasjoner som skal lette samhandlingsprosessen med BIM. Det ene intervjuobjektet beskriver det som: "Det å ha inn som krav at det brukes en form for delt samhandlingsplattform tenker jeg burde komme inn som krav".

Både Oscar-Andersen (2020) og konsulentene beskriver at det ofte ikke stilles krav fra byggherre for bruk av BIM i prosjekterings- og produksjonsfasen. I følge den ene konsulenten er det de som har spisskompetansen på hvordan jobben skal gjøres, og at det ofte ikke stilles andre krav til byggeprosessen annet enn at det skal være presist. Den ene byggherren nevner at det i den forbindelse burde bli utarbeidet en kravspesifikasjon, tidligere referert til som "kokebok" i resultatet. Kravspesifikasjonen burde utarbeides gjennom IFC-format for hvilken informasjon som skal inngå i modellen for de ulike fasene. Videre burde den bli en integrert del av BIM-manualen.

Ved prosjekter hvor det blir stilt krav til leveranse av modell, har ikke byggherrer kunnskap om hvordan de skal bruke modellen videre etter endt prosjektferdigstillelse (Oscar-Andersen, 2020). Alle byggherrene nevner at de har leveranse av modell som krav ved ferdigstillelse av prosjekt. Den ene byggherren beskriver forvirringen av hvordan de skal bruke den leverte modellen som en konsekvens av at det har blitt stilt for mange krav til hva modellen skal inneholde. To av byggherrene påpeker i den forbindelse at de har et ansvar om å stille krav ut fra behovet organisasjonen har for videre bruk av modell. Entreprenøren begrunner det med at modellen mister sin funksjon dersom den innehar for mye eller for lite informasjon, ut fra hva som er behovet.

Kontraktsforutsetninger

For å kommunisere med markedet, inngår ofte ytelsesbeskrivelser som en del av konkurransegrunnlaget (Bråthen et al., 2017). Formålet med ytelsesbeskrivelsene er å tydeliggjøre og definere byggherre sine ønsker. Utydelig definering av hva som kreves, resulterer i at aktørene priser tilbudene på sine subjektive tolkninger, og bemanner prosjektet med kompetansen de anser som tilstrekkelig for å tilfredsstille disse kravene.

Den ene entreprenøren hevder det vil være behov for å stille krav til BIM-kompetanse og -erfaring. BIM-kompetanse vil være en forutsetning for å lykkes med en digital byggeprosess (Bråthen et al., 2017). Kompetanse for bruk av BIM er varierende innad i bedrifter (Oscar-Andersen, 2020). Den ene entreprenøren beskriver at dersom prosjektporteføljen består av prosjekter som krever BIM-kompetanse, og prosjekter som ikke krever det, vil det være naturlig å tilegne kompetansen der det er krav til det. Krav til BIM-kompetanse anses derfor som avgjørende for en vellykket digital byggeprosess, ved at det blir nevnt: "Du kan kreve så mye BIM du vil, men har du ikke med deg riktig folk, med riktig kompetanse, får du en tung reise. Når man henter inn konsulenter og entreprenører er det viktig at man krever en form for BIM-kompetanse".

Tydelig definering av hva som er ønsket i konkurransegrunnlaget vil være en forutsetning for bruk av BIM og samhandling (Bråthen et al., 2017). BIM-manualer som ikke samsvarer med ytelsesbeskrivelsen i konkurransegrunnlaget, vil kunne resultere i feilprising av anbud og endringer. Intervjuobjektene beskriver det som en kilde til konflikt dersom kravene endres, eller fremkommer underveis i byggeprosessen. I følge Bråthen et al. (2017) vil byggherres forståelse og kompetanse for håndtering av endring være viktig for å unngå dannelse av konflikter tilknyttet endringer.

5.2.3 Digital kunnskap og kompetanse

De mest kritiske utfordringene med bestillerkompetansen er allerede diskutert og inngått i delkapitlene for 5.1 og 5.2. Grunnen til at det inngår i de andre delkapitlene, og ikke som et eget særskilt delkapittel, er for å diskutere hvordan manglende bestillerkompetanse påvirker de andre nevnte utfordringene. For dette delkapittelet vil mer generell kompetanse og kunnskap bli diskutert.

"Når man velger å ikke digitalisere, så er det fordi man sannsynligvis ikke kan nok om det. Jeg tror det er manglende kunnskap, og gjennom manglende kunnskap er det manglende vilje" er utsagnet fra den ene byggherren. Videre blir det nevnt å være enkelt å bli blant de bedre innen bruk av BIM og digitale verktøy i rehabiliteringsprosjekter. Ikke nødvendigvis fordi det er enkelt, men fordi eksisterende kunnskap og kompetanse ofte er spredt og manglende.

I tre av intervjuene fremkommer geografiske forskjeller som en faktor som påvirker spredningen av kunnskap og kjennskap til teknologien. Fra et møte med 15 aktører innen byggebransjen på Hamar, hadde kun 1/15 benyttet seg av BIM og skanneteknologi i sine rehabiliteringsprosjekter. Entreprenøren fra Møre og Romsdal bekrefter manglende kunnskap om skanneteknologi, både for seg selv, og for aktørene i nærområdet. Intervjuobjektene fra Oslo, Trondheim og Stavanger fremmer imidlertid god kjennskap til teknologien. Det er derfor grunn til å tro at kunnskap og kompetanse om teknologien blir påvirket av geografiske forskjeller.

At det blir valgt å ikke digitalisere, i form av bruk av skanneteknologi, behøver nødvendigvis ikke bare å være manglende kunnskap. To av entreprenørene beskriver at det primært er skanning som er gjeldende for rehabiliteringsprosjekter, men at det er behov for å foreta en vurdering av hvorvidt det er nødvendig med høy grad av nøyaktighet. Tegningsunderlag for prosjekter ferdigstilt for 20 år siden, kan ha høy grad av presisjon og målsetting. Ved slike tilfeller kan en kombinasjon av eksisterende tegningsunderlag og kontrollmålinger gi tilstrekkelig grad av nøyaktighet. Det avhenger av hva prosjektet krever og hva som blir krevd i prosjektet. Ofte burde disse sammenfalle.

5.2.4 Kontrakt

Fem av intervjuobjektene hevder at standardkontraktene ikke legger til rette for digitalisering. En utfordring med standardkontraktene som benyttes i dag, er at de baserer seg på førdigital 2D som låser kontrakten mot analoge underlag (Oscar-Andersen, 2020). Konsekvensen er at det hemmer en dynamisk prosess innen digitalisering. Den ene entreprenøren beskriver at NS8407, som de oftest tar utgangspunkt i, gir føringer for at "tegninger er førende". Tiltaket som er gjort er å bytte ut "tegninger" med "modell eller tegning og modell".

Den ene byggherren mener at man kan se tegn til manglende vilje for digitalisering gjennom valg av entreprisform. I dag benytter mange store offentlige byggherrer seg av totalentreprise. Byggherren hevder at offentlige byggherrer må være villig til å besitte egen risiko. Oscar-Andersen (2020) beskriver at den dynamiske prosessen hindres av standardkontrakter som ikke legger til rette for samhandling, ved at aktørene fraskriver seg ansvar og sikrer seg mot risiko.

Flertallet av respondentene mener at samspillsentrepriser er en forutsetning for en vellykket digital byggeprosess i rehabiliteringsprosjekter. "Hvis du virkelig skal kunne forbedre prosessene i et rehabiliteringsprosjekt, tror jeg samhandlingsentreprise er første veien å gå" er utsagnet fra den ene byggherren. En av entreprenørene som har erfaring med samspill, har imidlertid erfart at også denne entreprisformen kan by på utfordringer. I prosjekter hvor det har vært "åpen bok" har entreprenøren erfart at byggherrer har halvert kalkyleposten for skanning. En slik reduksjon resulterer i at kun deler av prosjektet blir skannet, mens resterende gjenværende blir målt opp manuelt.

Oscar-Andersen (2020) beskriver det som en konsekvens av manglende forståelse for gevinst for bruk av BIM blant byggherrer. Det reduserer deres vilje til å investere i BIM og ny teknologi. Ved å ikke ha det som Hardin og McCool (2015) beskriver som en fremtidsrettet tankegang, kan det virke som at byggherrene glemmer at manuelle oppmålinger også har en kostnad. Den ene oppmåleren beskriver det som: "Du skal ikke måle mye manuelt før det lønner seg å skanne, men det ser man gjerne ikke før man har gjort det".

5.2.5 Tidspunkt for digital informasjon

For innhenting av digitalt informasjonsgrunnlag er det nødvendig å foreta en vurdering av hva som er formålet med det digitale informasjonsgrunnlaget. Fra resultatet fremkommer to ulike formål:

- Om byggherre har krav til digital byggeprosess
- Om skanningen er ment for å redusere konsulentens/entreprenørens usikkerhet

Entreprenør/konsulent sitt ønske om redusert usikkerhet

For tilfeller hvor entreprenør/konsulent ønsker å redusere egen usikkerhet, fremkommer det forskjeller på når det digitale informasjonsgrunnlaget skal hentes inn. Konsulentene ønsker å gjennomføre skanning så tidlig som mulig, mens entreprenørene ønsker det etter ferdigstillelse av lettriving. Forskjellene skyldes at konsulene ønsker underlag for å starte prosjekteringen så tidlig som mulig, mens entreprenørene er ønsket å hente inn informasjon om den eksisterende konstruksjonen.

Tidspunktet for utført skanning baserer seg derfor på hva som er formålet med skanningen. Dersom formålet er å skaffe informasjon om den eksisterende konstruksjonen, vil en tidlig skanning kunne gi utilstrekkelig informasjon, som gjør at prosjekteringen baserer seg på antakelser. Disse kan vise seg å være feil, som utløser et behov for ytterligere skanning. Dersom formålet er å skaffe informasjonsgrunnlag for videre prosjektering, vil en tidlig skanning kunne gi et godt utgangspunkt for prosjekteringen. Det er derfor nødvendig å foreta en vurdering av:

- Hva er formålet med skanningen?
- Er det rom for ytterligere skanning senere?
- Er det rom i fremdriftsplanen for å utføre skanning på et senere tidspunkt?

Krav fra byggherre til digital byggeprosess

Formålet med en informasjonsrik generisk modell er i følge den ene byggherren å ha et godt grunnlag for videre utarbeidelse av en produktspesifikk modell. Det at byggherren tror på å lagre mest mulig informasjon i modellen, og at informasjonen burde legges inn ved anskaffelsestidspunktet av informasjonen, vil utløse et behov for tidlig skanning hvor modellereringen følger byggeprosessen. Når rivningsarbeidet av den eksisterende bygningsmassen starter, påbegynner følgelig rivningsarbeidet i modellen parallelt. Det er en "ny fase i BIM-verden", som i følge byggherren ikke er tilstrekkelig definert og vil fungere som pilotprosjekter i tiden fremover.

Ved en slik tilnærming oppstår friksjoner mellom byggherrens og entreprenørens ønsker. Den ene entreprenøren beskriver at byggherren har et ansvar for å skille mellom hvilken informasjon det er behov for i de ulike fasene av byggeprosessen. Samset (2015) skiller de to formene for informasjon ved tilgjengelig og nødvendig informasjon. Nødvendig informasjon blir definert som kritisk for videre fremgang i prosjektet, mens tilgjengelig informasjon er den vedkommende har umiddelbar tilgang på.

Ettersom mesteparten av objektinformasjonskravene omhandler FDV-fasen, hevder entreprenøren at informasjonen for denne fasen burde være en sidestilt sak for konsulenten etter prosjektferdigstillelse ved: "Hvis det blir alt for mange krav til informasjon for hvert element, som man skal vedlikeholde like nøye i prosjekteringen inn mot byggingen hvor alt koker, da blir det veldig fort et dårlig klima". Entreprenøren sikter i den forstand til at modellen burde berikes med informasjon som Samset (2015) definerer som nødvendig, selv om informasjon tilknyttet FDV er tilgjengelig.

Det kan argumenteres for begge synspunkter, for hvilken informasjon som skal bli lagt inn til hvilket tidspunkt i modellen. En karakteristikk for produksjonsfasen er ofte at det er en tidspresst fase, med fremdriftsplaner som gir lite rom for ekstraarbeider. På en annen side er det viktig å vurdere hvordan byggherren har tydeliggjort sine krav og behov. Dersom byggherren tydelig definerer hvilke premisser som er gjeldende for byggeprosjektet, vil det være et av kriteriene entreprenørene konkurrerer ved. At entreprenøren legger inn informasjonen som kreves av byggherren, vil i den forstand være en del av prosessen som byggherren har lagt opp til. Det forbeholder imidlertid god bestillerkompetanse, med tydelig definering av krav, behov og forventning fra byggherren. På den måten skapes en felles forståelse tidlig i prosessen.

5.3 Tiltak for å redusere utfordringene

Som det fremkom i Tabell 11, har etablering av prosjekttilpassede BIM-manualer flest enkeltstående benevninger. Ved at oppmålerne ikke har opplevd å bli tilsendt BIM-manualer for rehabiliteringsprosjekter, oppstår utfordringer for valg av koordinatsystem og nullpunkt. Blant minimumskriteriene Borchsenius et al. (2020) nevner, blir krav til georeferering nevnt. Den ene oppmåleren trekker frem at dersom krav til koordinatsystem blir definert, vil de kunne levere en georeferert modell. Tre av intervjuobjektene nevner derfor krav til rett nullpunkt som et tiltak som burde bli definert i manualen.

Det andre tiltaket som blir trukket frem er tydelig definering av behov, formål og nøyaktighet av modellen, og at kravene burde komme tydelig frem ved forespørselen. Leveransekravene vil videre gi føringer for hva som forventes levert, og må tydelig defineres i konkurransegrunnlaget/ytelsesbeskrivelsen (Bråthen et al., 2017). Først da vil det bli dannet en felles forståelse blant aktørene for hva som forventes for prosjektet.

Ved at fagdisiplinene opplever manglende definering av behovet, kan det tyde på at byggherrene sliter med å fundamentere det som ISO 19650-1 (2018) betegner som informasjonsutvekslingskrav (IR) i organisasjonens informasjonskrav (OIR). Et tiltak som både den ene entreprenøren og ISO-19650-1 nevner, vil være å engasjere en ekstern aktør til å definere behovet ved mangel på erfaring. Som den ene entreprenøren påpekte, er det ikke sikkert at bruk av skanneteknologi er løsningen for alle rehabiliteringsprosjekter. Ved å tydelig definere behov og forventning, vil valg av metode for innhenting av informasjonsgrunnlaget ha et bedre grunnlag for beslutning.

Dersom tiltakene diskutert så langt blir betraktet samlet, baserer disse seg på et overordnet tiltak: økt bestillerkompetanse blant byggherrer. Både utarbeidelse av BIM-manual, definering av behov, formål og nøyaktighet vil basere seg på byggherres bestillerkompetanse. Økt bestillerkompetanse vil i den forstand implisitt kunne betraktes som tiltaket med flest benevninger blant intervjuobjektene.

Videre blir generell BIM-kompetanse og økt kompetanse for bruk av av punktsky nevnt som tiltak. BIM-kompetanse blant prosjekterende oppleves å være varierende (Oscar-Andersen, 2020). Oscar-Andersen beskriver dette som en intern barriere. For å redusere denne interne barrieren, hevder Bråthen et al. (2017) at krav til BIM-kompetanse vil være en forutsetning for å lykkes med en digital byggeprosess.

At oppmålerne i større grad opplever leveranse av kun punktsky for videre digital prosjektering, kan tyde på økt BIM-kompetanse blant konsulentene og programvare som legger til rette for bruk av punktsky. Imidlertid forbeholder det fortsatt:

- Kompetente konsulenter i prosjektet
- Prosjektets størrelse tillater punktsky som eneste leveranse av prosjektgrunnlag

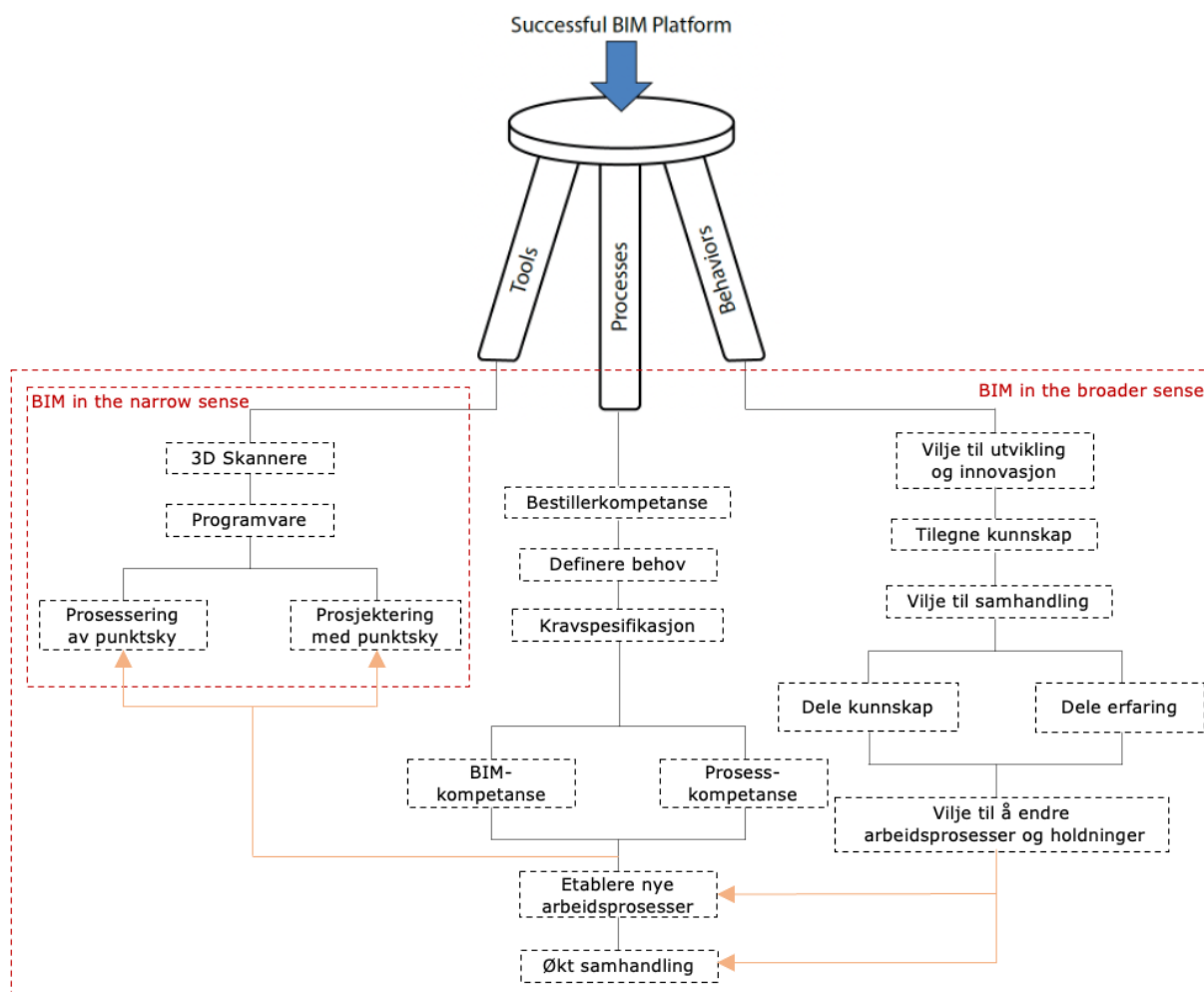
Å unngå avvik i modell blir nevnt som tiltak i to forbindelser: Å redusere usikkerhet i prosjekterings- og produksjonsfasen og at levert modell samsvarer med ferdigstilt prosjekt. Det forbeholder tett samhandling mellom aktørene, spesielt dersom en informasjonsrik as-built-modell blir etablert på et tidlig stadie. For parallell modellering med rivningsarbeidene forbeholder det kontinuerlig rapportering fra entreprenør til konsulent, slik at modellen fortløpende kan bli oppdatert.

Etter ferdigstilling av rivningsarbeider, vil rapportering av løsninger på byggeplass som avviker fra prosjektert underlag være en forutsetning for at leveranse av modell skal samsvare med det ferdigstilte prosjektet. Feil, mangler og avvik i BIM-modellen kommer som en konsekvens av manglende samhandling (Oscar-Andersen, 2020). Det fører til at snarveier i prosessen blir tatt. Samspillskontrakt blir derfor nevnt som et tiltak for å legge til rette for denne samhandlingen, og vil være en forutsetning for bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter.

Formålet med samhandlingen er å kunne dele kunnskap og erfaring. For enkelte vil det kunne kreve en omstilling. “Noen parter i prosessen dytter åndsverkloven foran seg og vil skalere ned og begrense det leverte underlaget”, gjenspeiler en tankegang som ikke legger til rette for samhandling. Verken innad i prosjektet eller for fremtidige prosjekter som skal bygge videre på det leverte underlaget. Det krever en endring i atferd til det Hardin og Mccool (2015) beskriver som “en fremtidsrettet tankegang”.

5.4 Samlet vurdering

Figur 18 er en egenprodusert figur, videreutviklet fra Hardin og Mccool (2015) sin figur for “Successful BIM Platform” (tidligere vist ved Figur 1). Formålet med figuren er å videreføre Hardin og Mccool (2015) sin betraktning av vellykket bruk av BIM i byggeprosjekter, til bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter. “BIM in the narrow sense” viser hvordan dagens gjeldende praksis oppfattes, mens “BIM in the broader sense” tar for seg hvilke øvrige faktorene som må tas hensyn til ved implementering av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter.



Figur 18: BIM i rehabiliteringsprosjekter

6 Konklusjon

I dette kapittelet vil problemstillingen bli besvart, ved å trekke frem hovedfunn fra forskningsspørsmålene. Følgelig gis en anbefaling for videre arbeid.

6.1 BIM i rehabiliteringsprosjekter

Formålet med studien er å kartlegge hvilke utfordringer som hindrer digitalisering av rehabiliteringsprosjekter, og hvilke tiltak som kan redusere muligheten for at utfordringene oppstår. Følgelig har oppgaven til formål å svare til problemstillingen:

Hvilke utfordringer og tiltak påvirker bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter?

For å kunne svare til problemstillingen, ble det utarbeidet tre forskningsspørsmål. Hvert avsnitt vil omhandle de respektive forskningsspørsmålene i kronologisk rekkefølge.

Utvikling av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter

Utviklingen for bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter er begrenset av både prosess, atferd og teknologi, av ulikt omfang. Teknologien har lenge vært tilgjengelig, hvor det kan diskuteres hvorvidt det er behov for ytterligere teknologisk utvikling innen automatisk prosessering og modellering av punktsky. Utviklingen er i en startfase, som påvirker påliteligheten av nøyaktigheten. Oppgavens avgrensning for teknologi gjenspeiler et behov for ytterligere forskning innen automatisk prosessering, automatisk modellering og programvare benyttet av konsulenter for å konkludere hvorvidt teknologien er tilstrekkelig utviklet.

Teknologisk utvikling oppleves likevel ikke å være den største hindringen for implementering av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter. Implementering av ny teknologi i gamle arbeidsprosesser fører til at den fulle effekten av implementeringen ikke blir realisert. Manglende bestillerkompetanse fører til at det oppstår friksjoner i grensesnittet mellom behov og forventning. Friksjonene oppstår som følge av utydelig definering av behov, som gjør at det definerte behovet ikke harmonerer med forventningene. Motviljen til å investere i ny teknologi, kunnskap og kompetanse forsterker denne negative effekten.

Manglende kunnskap fører til at flere aktører henger fast ved gamle oppfatninger om at teknologien er kostbar, som gjør det vanskelig for byggherrer å se nytten av investeringen. Bransjen må endre sin vilje til utvikling, ved endring av prosess og atferd. Det krever at bransjen tilegner oppdatert kunnskap, ved at kunnskap om teknologien blir delt blant aktørene, eller at eldre generasjoner blir skiftet ut med yngre.

Utfordringer for bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter

Hovedutfordringen med bruk av BIM i rehabiliteringsprosjekter omhandler innhenting av oppdatert informasjonsgrunnlag og videre modellering av den eksisterende bygningsmassen. Implementering av ny teknologi, som legger til rette for innhenting av oppdatert digitalt prosjekteringsgrunnlag, gjør skanneteknologi aktuelt for rehabiliteringsprosjekter. Det forutsetter at den digitale byggeprosessen legger til rette for implementeringen, gjennom optimalisering av prosess, atferd, teknologi, kunnskap, kompetanse, krav og valg av kontrakts/entrepriseformer.

Manglende bestillerkompetanse gjenspeiler manglende forståelse for prosess, som resulterer i utarbeidelse av kravspesifikasjoner som ikke harmonerer med forventningene. Kravspesifikasjoner for bruk av BIM skal defineres gjennom prosjekttilpassede BIM-manualer. Manualen skal legge føringer for prosess og modellering gjennom krav til BIM-kompetanse, BIM-forventning, BIM-leveranse, prosesskompetanse, tekniske spesifikasjoner og samhandling. For rehabiliteringsprosjekter oppleves BIM-manualer å være utilstrekkelig utarbeidet, men også tidvis manglende.

En konsekvens er at BIM-manualen ikke sammenfaller med ytelsesbeskrivelsen, som resulterer i endringer underveis i byggeprosessen. Endringen har en negativ påvirkning blant alle de involverte aktørene, i form av tids- og kostnadsoverskridelser. Ettersom offentlige byggherrer ikke har forretningshemmeligheter, vil de ha et ansvar i tiden fremover med å utarbeide kravspesifikasjoner som integreres i BIM-manualen. Spesielt gjeldende er hvilke krav som skal inngå for modellering av as-built-modellen.

“Når man velger å ikke digitalisere, så er det jo fordi at man sannsynligvis ikke kan nok om det. Jeg tror det er manglende kunnskap, og gjennom manglende kunnskap er det manglende vilje.”

Byggherre

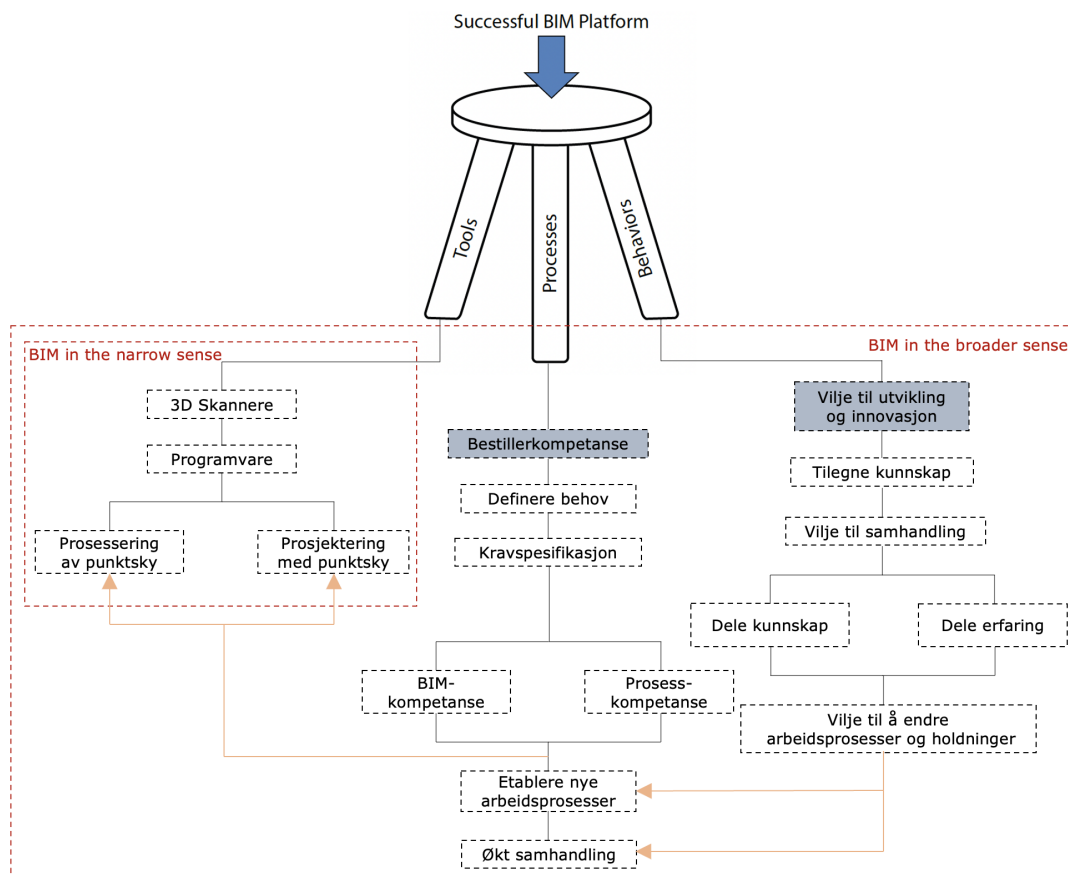
Siteringen fra den ene byggherren beskriver en av hovedutfordringene med implementering av skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter. Økt vilje til utvikling forbeholder at bransjen tilegner økt kunnskap om teknologien. På den måten vil nytten av investeringen bli tydeliggjort på et tidlig stadie, som følgelig vil øke viljen til å investere i ny teknologi, kunnskap og kompetanse. At det i dag oppleves manglende forståelse for nytten av investeringen, begrenser viljen til å investere i teknologien på et tidlig stadie av prosjektet. I den prosessen er det viktig at offentlige byggherrer har et ønske om å tilegne mer kunnskap om teknologien, og ikke fraviker fra å besitte egen risiko. En forutsetning er valg av entreprisform som legger til rette for samhandling, tverrfaglig koordinering og deling av kunnskap og erfaring. Samspillsentrepriser fremfor totalentrepriser vil være viktig i denne prosessen.

Tiltak for å redusere utfordringene

Økt bestillerkompetanse blant byggherrer vil ha en positiv innvirkning på tydelig definering av behov og forventning. Det letter utarbeidelsen av kravspesifikasjoner som defineres gjennom prosjektilpassede BIM-manualer. Ved manglende erfaring, vil samarbeid med eksterne kompetente aktører være et tiltak for å definere organisasjonens behov, slik at kravene samsvarer med forventningene. Først da vil en felles forståelse for hva som er forventet bli fattet blant alle aktørene.

Økt digital kompetanse blant konsulentene for bruk av punktsky til digital prosjektering, vil være en forutsetning for at tiltaket om økt samhandling skal få sin fulle effekt. Det forbeholder en prosjekteringsleder med tilstrekkelig BIM-kompetanse. På den måten blir de en integrert del av prosessen, og ikke en sidestilt leveranse fra BIM-koordinatorer. Likefult gjelder dette for de øvrige aktørene, slik at gode beslutninger raskt kan bli fattet, ved å legge til rette for økt samhandling på tvers av fagdisiplinene.

Figur 19 tydeliggjør at økt bestillerkompetanse og vilje til utvikling og innovasjon vil føre til økt kunnskap, tydeligere definering av behov, forbedrede prosjektilpassede kravspesifikasjoner, tildeling av nødvendig kompetanse i prosjektet, økt samhandling og mulighet for å tilpasse arbeidsprosesser for forbedret bruk av BIM og skanneteknologi.



Figur 19: BIM i rehabiliteringsprosjekter

6.2 Videre arbeid

På bakgrunn av oppgavens avgrensning er det foretatt en overordnet tilnærming for hvorvidt den teknologien er tilstrekkelig utviklet, eller om det er behov for ytterligere utvikling. For å kunne danne en fullverdig konklusjon, kreves ytterligere forskning av verktøy og metoder innen skanneteknologi og programvare/software for prosessering og bearbeidelse av punktsky. Det gjelder både automatisk prosessering i felt, automatisk modellering og programvare benyttet av konsulentene for videre digital prosjektering.

For å kartlegge en mer generell forståelse innen kunnskap og kompetanse om skanneteknologi, vil kvantifisering gjennom en spørreundersøkelse være fordelaktig. Spørreundersøkelsen vil tydeligere kunne vise til trender for kjennskap, kunnskap og kompetanse om teknologien, sammenlignet et fåtall intervjuer som har blitt gjennomført i denne studien. På den måten vil større geografisk forskjeller og et flertall byggherrer, entreprenører og konsulenter bli betraktet i vurderingen. Spørreundersøkelsen vil også kunne bekrefte eller avkrefte om funn gjort i studien er generelle for hele byggebransjen, eller om funnene ikke er representative for byggebransjen i sin helhet.

Som følge av oppgavens avgrensning, er ikke bruk av skanneteknologi til oppfølging og dokumentasjon av ferdigstilt byggeprosjekt opp mot det prosjekterte underlaget vurdert. Det utvikles skannere som kan bli brukt til oppfølgingsarbeider og dokumentasjon av det som blir bygget, slik at dette kan sammenlignes med produksjonsunderlaget. Bruk av skanneteknologi på denne måten vil kunne forbedre kontroll på avvik fra faktisk bygget til prosjektert modell, samt forbedre presisjon på dokumentasjon og as-built-modell. Ytterligere forskning på slik bruk av skanneteknologi vil også kunne forbedre prosessen for innhenting av informasjon til as-built-modellen.

Referanser

Bech, J. (2014). Rehabiliterer eller bygge nytt?

Bnl. (2017). Digitalt veikart - for en heldigitalisert, konkurransedyktig og bærekraftig BAE-næring. Hentet 26. april 2023, fra <https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/digitalt-veikart-2017---full-rapport.pdf>

Borchsenius, C. H., Grani, H. K., Rupert, H., Oroszko, P., Gulbrandsen, K., & Kempf, P. F. (2020). Bestillerkompetanse BIM. Hentet 28. april 2023, fra https://assets-global.website-files.com/6284e7575a119269975cab85/628fa6c47f62790ba557225d_25.05.2020-Veileder-bestillerkompetanse_BIM.pdf

Borrmann, A., König, M., Koch, C., & Beetz, J. (Red.). (2018). *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3>

Bråthen, K., Flyen, C., Moland, L., Moum, A., & Skinnarland, S. (2017). *SamBIM. Bedre samhandling i byggeprosessen med BIM som katalysator. Hovedrapport* [Accepted: 2020-02-11T11:56:56Z ISSN: 2387-6859]. FAFO; SINTEF. Hentet 29. mars 2023, fra <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/handle/11250/2641022>

Dalen, M. (2011). *Intervju som forskningsmetode - en kvalitativ tilnærming* (2.). Universitetsforlaget. Hentet 10. februar 2023, fra https://bibsyst-almaprimo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=BIBSYS_ILS71465242810002201&context=L&vid=NTNU_UB&lang=no_NO&search_scope=default_scope&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=default_tab&query=any,contains,Intervju%20som%20forskningsmetode%20-%20en%20kvalitativ%20tiln%C3%A6rming&offset=0

Dalland, O. (2020). *Metode og oppgaveskriving* (7. utgave). Gyldendal. Hentet 9. februar 2023, fra https://www.akademika.no/humaniora/studentliv/metode-og-oppgaveskriving/9788205543089?gclid=CjwKCAiA0JKfBhBIEiwAPhZXD1qvA99PSNThgv5rGPIPTC7BoCyjAQAvD_BwE

DiBk. (2015). Direktoratet for byggkvalitet. Hentet 11. oktober 2022, fra <https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/andre-fagomrader/eiendomsforvaltning/Eksisterende-bygg-publikasjoner/bruk-av-bim-i-borettslag-og-sameier/>

DiBk. (2022a). Hva regnes som hovedombygging? Hentet 18. april 2023, fra <https://dibk.no/bygge-eller-endre/arbeid-pa-eksisterende-bygg/hovedombygging>

DiBk. (2022b). Når gjelder byggt teknisk forskrift (TEK17)? Hentet 18. april 2023, fra <https://dibk.no/bygge-eller-endre/arbeid-pa-eksisterende-bygg/nar-gjelder-byggt-teknisk-forskrift-tek17>

- DiCicco-Bloom, B., & Crabtree, B. F. (2006). The qualitative research interview [eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2929.2006.02418.x>]. *Medical Education*, 40(4), 314–321. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02418.x>
- Eikeland, P. T. (2001). Samspillet i Byggeprosessen. Teoretisk analyse av byggeprosesser, 72.
- Falcão Silva, M. J., Couto, P., Pinho, F., & Lopes, J. (2021). Building Functional Rehabilitation Based on BIM Methodology. I H. Rodrigues, F. Gaspar, P. Fernandes & A. Mateus (Red.), *Advances in Science, Technology and Innovation* (s. 45–49). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35533-3_7
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and Construction Management* (2.).
- Hossain, M. A., & Yeoh, J. K. W. (2018). BIM for Existing Buildings: Potential Opportunities and Barriers. Hentet 19. april 2023, fra <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/371/1/012051/pdf>
- ISO 19650-1. (2018). NS-EN ISO 19650-1:2018. Hentet 1. mai 2023, fra <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1131728>
- ISO 19650-2. (2018). NS-EN ISO 19650-2:2018. Hentet 2. mai 2023, fra <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1132002>
- ISO 29481-1. (2017). NS-EN ISO 29481-1:2017. Hentet 5. juni 2023, fra <https://handle.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=956474>
- Johannessen, A., Tufte, Christoffersen, P. A., &. (2016). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (5.). Abstrakt forlag AS.
- Kovacic, I., & Honic, M. (2021). Scanning and data capturing for BIM-supported resources assessment: a case study. *Journal of Information Technology in Construction*, 26, 624–638. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.032>
- Kvålshaugen, R., & Groskovs, S. (2020). Måle effekter av digitalisering i den norske byggenæringen.
- Kynbråten, E., & Larsstuen, K. (2015). Tekniske krav ved tiltak i eksisterende bygg. Hentet 3. mars 2023, fra https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/veiledningsstoff/tekniske-krav-ved-tiltak-i-eksisterende-bygg_eksempelsamling_nkf.pdf
- Larsen, A., & Bjørberg, S. (2007). Livsløpsplanlegging og tilpasningsdyktighet i bygninger. . september. Hentet 11. april 2023, fra <https://dibk.no/globalassets/>

- eksisterende-bygg/publikasjoner/livslopsplanlegging-og-tilpasningsdyktighet-i-bygninger---innføring-og-prinsipper.pdf
- Lund, O., Haddadi, A., Lohne, J., & Bjørberg, S. (2016). Sustainable Planning in Refurbishment Projects – An Early Phase Evaluation. *Energy Procedia*, 96, 425–434. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.172>
- Nitter, K. (2020). De mest bærekraftige byggene finnes allerede. Hentet 2. november 2022, fra <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/de-mest-barekraftige-byggene-finneres-allerede/>
- NordicBIMGroup. (udatert). BIM i går, i dag og i morgen | Nordic BIM Group. Hentet 16. april 2023, fra <https://www.nordicbim.com/no/alt-om-bim-bygningsinformasjonsmodellering-fra-vugge-til-grav>
- NS3420-1. (2019). NS3420-1:2019 Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner. Hentet 17. april 2023, fra <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1104955>
- NS-EN 15898. (2020). NS-EN 15898:2019 Bevaring av kulturminner. Generelle termer og definisjoner. Hentet 17. april 2023, fra <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1114340>
- Oscar-Andersen, T. (2020). Gevinstrealisering med BIM – barrierer og muligheter, 18. https://www.standard.no/Global/PDF/Standard%20Morgen/2020BIM-rapport/Standard_rapport%20BIM_enkeltsider_SKJERM.pdf
- Overland, J.-A. (2018). TONE - strategi for kildekritikk - Medieuttrykk 2 - NDLA. Hentet 5. juni 2023, fra <https://ndla.no/subject:1:00a0141d-2307-4a5a-a154-0c821449f6d2/topic:3:61462d62-75f8-42fb-a823-d5a32afe0455/topic:3:3dfd8ebc-4c64-486c-a1ad-d2f60f3cb486/resource:1:169741>
- Penttilä, H., Rajala, M., & Freese, S. (2007). Building Information Modelling of Modern Historic Buildings, 607–613. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2007.607>
- Rogers, E. M. (2010). *Diffusion of Innovations, 4th Edition* [Google-Books-ID: v1ii4QsB7jIC]. Simon; Schuster. Hentet 24. april 2023, fra https://books.google.no/books?hl=no&lr=&id=v1ii4QsB7jIC&oi=fnd&pg=PR15&dq=ROGERS%E2%80%99+DIFFUSION+OF+INNOVATIONS&ots=DM_quNTmaV&sig=hwR5p0FEPW8oCEcGaoirXPngAYM&redir_esc=y#v=snippet&q=an%20innovation%20is%20an%20idea&f=false
- Sahin, I. (2006). DETAILED REVIEW OF ROGERS' DIFFUSION OF INNOVATIONS THEORY AND EDUCATIONAL TECHNOLOGY-RELATED STUDIES BASED ON ROGERS' THEORY. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 5(2).

- Sampaio, A. Z., Constantino, G. B., & Almeida, N. M. (2022). 8D BIM Model in Urban Rehabilitation Projects: Enhanced Occupational Safety for Temporary Construction Works [Number: 20 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute]. *Applied Sciences*, 12(20), 10577. <https://doi.org/10.3390/app122010577>
- Samset, K. (2015). *Prosjekt i tidligfasen* (2. utg.). Fagbokforlaget.
- Sing, M. C., Luk, S., Y.Y., Chan, K. H., Liu, H. J., & Humphrey, R. (2022). Scan-to-BIM technique in building maintenance projects: practicing quantity take-off. *International Journal of Building Pathology and Adaptation, ahead-of-print*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/IJBPA-06-2022-0097>
- Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 475–484. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.053>
- Solas, M. Z. (2016). Shaping the future of construction. A breakthrough in Mindset and Technology. Hentet 26. april 2023, fra https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf
- Soliman, K., Naji, K., Gunduz, M., Tokdemir, O., Faqih, F., & Zayed, T. (2020). BIM-based Facility Management Models for Existing Buildings [Number: 1A]. *Journal of Engineering Research*, 10(1A), 21–37. <https://doi.org/10.36909/jer.11433>
- SSB. (2018). Produktivitetsfall i bygg og anlegg. Hentet 21. oktober 2022, fra <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivitsfall-i-bygg-og-anlegg>
- StandardNorge. (2023). Digital byggeprosess og BIM | standard.no. Hentet 13. mars 2023, fra <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/digital-byggeprosess/>
- Stoor Team. (2020). Why BIM is Still Bankrupting Your Firm [Section: Articles]. Hentet 5. juni 2023, fra <https://blog.stoor.pro/why-bim-is-still-bankrupting-your-firm/>
- Sæbøe, O. E., Bjørberg, S., Ringen-Vatnedalen, Ø., Leira, E. S., & Mørk, M. I. (2017). Byggordboka - Rehabilitering. Hentet 10. mars 2023, fra <https://www.byggordboka.no/artikkel/les/rehabilitering>
- Tekna. (2021). Bransjen ligger langt bak i samfunnet: – Nå kommer endringene. Hentet 7. mars 2023, fra <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/bransjen-ligger-langt-bak/www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/bransjen-ligger-langt-bak/>
- Tekna. (2018). Effektivisering innen bygg og anlegg. Hentet 13. mars 2023, fra <https://www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/>

- effektivisering-innen-bygg-og-anlegg/www.tekna.no/fag-og-nettverk/bygg-og-anlegg/byggbloggen/effektivisering-innen-bygg-og-anlegg/
- Thagaard, T. (2013). *Systematikk og innlevelse: En innføring i kvalitativ metode (4.)*. Fagbokforlaget Vigmostad og Bjørke AS.
- Tranvik, T. (2012). Kvalitative intervjuer. https://anskaffelser.no/sites/default/files/metode.kval_intervjuer_fra_uio.pdf
- Trimble. (udatert). Trimble RealWorks | Trimble Geospatial. Hentet 24. mai 2023, fra <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-realworks>
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs | Elsevier Enhanced Reader. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>

Vedlegg 1 - Informasjonsskriv

Antall sider: 2

Informativt skriv til respondenter

Skrivet er gjeldende for respondenter som gjennomfører intervjuer i masteroppgaven "Digitalisering av rehabiliteringsprosjekter".

Formål med studien

Både digitale verktøy og rehabiliteringsprosjekter oppleves å være aktuelle tema for bransjen i dag. Som følge av manglende litteratur for bruk av BIM og digitale verktøy i rehabiliteringsprosjekter, oppleves det som et kunnskapshull innen digitalisering av rehabiliteringsprosjekter. Formålet med studien er derfor å kartlegge hvilke utfordringer og tiltak som påvirker digitalisering av rehabiliteringsprosjekter.

Bakgrunn for forespørsel

Studien baserer seg i stor grad på empiri og erfaring fra aktører i bransjen. I den anledning er det ønskelig å intervjuer aktører med god kunnskap innen bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter. Intern veileder hadde en liste over VDC-kursdeltakere, som dannet grunnlaget for noen av forespørselene. Resterende funn av aktuelle aktører har blitt til ved varme anbefalinger fra kolleger eller bekjentskap.

Deltakelse av intervju innebærer:

Utarbeidet intervjuguide, vedlagt i mailkorrespondanse under navnet "Intervjuguide Masteroppgave Theodor Dahl.pdf", vil bli forsøkt fulgt. Formålet med intervjuguiden er å skape en rød tråd mellom gjennomførte intervjuer, slik at gitt materiale enklere kan sammenlignes. Det er likevel ønskelig med en åpen dialog mellom student og respondent, slik at egne erfaringer og meninger enklere kan komme frem.

Intervjuets gjennomgang vil variere ut fra respondentens tilgjengelighet, men skal minimum vare i 30 minutter. Sted- og tidspunkt for gjennomførelse avtales nærmere internt mellom student og respondent. Ved tilfeller hvor fysiske møter ikke er mulig, eller digitale møter anses som hensiktsmessig, vil Teams-møter være mulig.

Opptak: Det vil bli foretatt lydopptak av intervjuet. Opptaket vil bli brukt til skriftlig transkribering. Det transkriberte materialet vil bli sendt til respondent for verifisering, korrektur og godkjenning til videre bruk. Lydfilen vil etter gitt godkjenning bli slettet permanent.

Anonymitet: Verken navn, kontaktinformasjon, firma- eller bedriftsnavn vil bli offentliggjort i studien. Henvisning til respondent vil bli referert til i form av stillingstittel og antall års erfaring. Informasjon gitt under intervju vil derfor ikke kunne spores direkte tilbake til enkeltpersoner eller bedrifter.

Frivillig: Deltakelse og medvirkning til masteroppgaven er 100% frivillig, og kan når som helst trekkes tilbake. Vedlagt i mailkorrespondanse foreligger samtykkeerklæring under navnet Samtykkeerklæring Masteroppgave Theodor Dahl.pdf". Samtykkeerklæringen skal skrives under før intervjuets gjennomgang. Samtykkeerklæringen kan trekkes tilbake når som helst, uten behov for ytterligere begrunnelse.

Rettigheter: Ved medvirkning til masteroppgaven har du rett til innsikt i hvilken informasjon du har tilknytning til. Dette omhandler en kopi av opplysninger og materiale med direkte tilknytning til deg. Selv etter godkjenning av transkribering, vil du ha mulighet til å revidere gitt informasjon. Dette kan omhandle oppretting eller endring av gitt informasjon som ikke ønskes delt, er misvisende eller ukorrekt.

Ved mistanke om feil behandling av personopplysninger, har du rett til å sende inn klage til datatilsynet.

Kontaktinformasjon

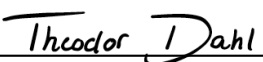
Tabell 1 gir en oversikt over kontaktinformasjon for student og intern veileder ved institutt for bygg- og miljøteknikk NTNU Trondheim.

Tabell 1: *Kontaktinformasjon*

Rolle	Navn	E-post	Telefon
Student	Theodor Høitomt Dahl	theodord@stud.ntnu.no	970 98 663
Hovedveileder	Eilif Hjelseth	eilif.hjelseth@ntnu.no	952 66 100

Undertegnede setter stor pris på deltakelse til intervjuer, og ser frem mot hyggelige samtaler med deg/dere!

Med vennlig hilsen



Theodor Høitomt Dahl

Vedlegg 2 - Samtykkeerklæring

Antall sider: 1

SAMTYKKEERKLÆRING MASTEROPPGAVE

SKRIVETS BETYDNING:

Skrivet er gjeldende for respondenter ved gjennomførelse av intervjuer for masteroppgaven «Digitalisering av rehabiliteringsprosjekter» våren 2023.

Skrivet opplyser om at respondent har mottatt nødvendig informasjon for deltakelse til intervju for masteroppgaven. Informasjonen er gitt ved følgende skriv:

- Intervjuguide masteroppgave Theodor Dahl.pdf
- Informasjonsskriv masteroppgave Theodor Dahl.pdf
- Samtykkeerklæring masteroppgave Theodor Dahl.pdf

Ved signering av samtykkeerklæringen viser det til at du som respondent har mottatt overnevnte skriv. Samtidig gjenspeiler avkrysning i bokser under at du samtykker til gitt informasjon for hvert avkrysningsfelt.

Jeg samtykker til at informasjon som gis under intervjuets gjennomgang kan bli brukt under utarbeidelse av gitt masteroppgave, frem til arbeidet avsluttes juli 2023.

Jeg er orientert med at deltakelse, og deling av informasjon, er frivillig og at samtykket kan trekkes tilbake når som helst. Trekk av samtykke kan når som helst forekomme og trenger ikke begrunnes ytterligere.

Signatur

Sted og dato

Vedlegg 3 - Intervjuguide

Antall sider: 2

INTERVJUGUIDE MASTEROPPGAVE

Skrivet er gjeldende for respondenter ved gjennomførelse av intervjuer for masteroppgaven «Digitalisering av rehabiliteringsprosjekter» våren 2023.

FORMÅL:

Gjennom vårsemesteret 2023 skal jeg utarbeide en masteroppgave ved fakultetet for bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU i Trondheim.

Sammenlignet andre bransjer, har BAE-sektoren i en årrekke hengt etter i digitaliseringsprosessen. Økt fokus på rehabilitering av eksisterende bygningsmasse har vekket interessen for å studere slike prosjekter ytterligere. Bruk av BIM i byggebansjen har også fått økt fokus de siste årene, men blir lite omtalt i forbindelse med rehabiliteringsprosjekter. Det oppleves derfor som et kunnskapshull i litteraturen, som det er ønskelig å finne mer ut av.

INNLEDNING:

1. Kan du gi en kort introduksjon av deg selv?
 - Bakgrunn og utdanning
 - Nåværende jobb og stilling
 - Antall år i bransjen
 - Erfaring med bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter

FORSKNINGSSPØRSMÅL I:

2. Hvordan har bruk av BIM og skanneteknologi vært frem til i dag for rehabiliteringsprosjekter?
3. Hvordan kommer bruk av BIM og skanneteknologi til å være i tiden fremover for rehabiliteringsprosjekter?

FORSKNINGSSPØRSMÅL II:

4. Hvordan blir digital rekonstruksjon av eksisterende bygningsmasse gjort?
5. Når blir digital rekonstruksjon av eksisterende bygningsmasse gjort?
6. Hvordan kan BIM og skanneteknologi bli brukt til å håndtere utfordringer med den eksisterende bygningsmassen i rehabiliteringsprosjekter?
7. Hvilke utfordringer er det for bruk av BIM og skanneteknologi i rehabiliteringsprosjekter?
8. Hvor i prosessen opplever du at de største utfordringene oppstår?
9. Hvilke utfordringer oppstår i forbindelse med krav?
10. Hvilke krav mener du burde være på plass?
11. Hvilke utfordringer oppstår i forbindelse med kompetanse?
12. Hvilke utfordringer oppstår om BIM skal bli brukt for hele prosjektets livssyklus?
13. Hvordan påvirker dagens standardiserte kontrakter/entrepriseformer utfordringene?
14. Legger disse til rette for digitalisering av rehabiliteringsprosjekter?

FORSKNINGSSPØRSMÅL III:

15. Hvilke tiltak kan redusere de nevnte utfordringene?

Avslutningsvis

- Noe annet du ønsker å legge til som vi ikke har vært innom?
- Andre ting du mener burde bli tatt med i oppgaven?
- Noen kontaktpersoner du mener jeg burde ha et intervju med som har god kunnskap innenfor området?

Tusen takk for at du tok deg tiden til å stille til intervju!

