



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Industriell økonomi	Vårsemesteret, 2019 Konfidensiell
Forfattere: Hanne Nes Panengstuen Mia-Kathrin Risan	<i>Hanne Nes Panengstuen</i> <i>Mia-Kathrin Risan</i> (signatur forfattere)
Fagansvarlig: Eric Brun Veileder: Hilda Bø Lyng	
Tittel på masteroppgaven: Digitalisering i bygge- og anleggsbransjen: Hvordan påvirkes bransjen av innføring av digitalisering? Engelsk tittel: Digitalisation in the Construction Industry: How is the Industry Affected by Increased Digitalisation?	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Digitalisering Modellbasert prosjekt BIM Bygg og anlegg	Sidetall: 82 + vedlegg/annet: 2 Stavanger, 14.06.19

Forord

Denne masteroppgaven er det avsluttende arbeidet for vår mastergrad i industriell økonomi ved Universitetet i Stavanger. Studien ble utført i løpet av våren 2019.

Oppgaven undersøker hvordan bygge- og anleggsbransjen påvirkes av digitalisering, og forsøker å finne underliggende årsaker for den lave graden av digitalisering i dagens bransje. Dette undersøkes ved å studere hvordan digitalisering forbedrer prosjektgjennomføringen, og barrierer for innføring av digitalisering i bransjen.

Vi ønsker å takke vår veileder Hilda Bø Lyng ved Institutt for industriell økonomi, risikostyring og planlegging for rådgivning, tilbakemelding og diskusjon. En stor takk rettes også mot vår samarbeidsbedrift Multiconsult for et godt samarbeid, og for muligheten til å undersøke et av deres prosjekt. Vi må også takke vår eksterne veileder Bjørg Egeland, med god hjelp fra Aina Sunde Dahl, for viktige innspill og råd. Takk også til de åtte representantene fra case-prosjektet som sa seg villige til å stille til intervju, og slik bidro med uvurderlig informasjon.

Stavanger, 14.06.2019


Hanne Nes Panengstuen


Mia-Kathrin Risan

Sammendrag

Målet med denne masteroppgaven er å undersøke hvordan bygge- og anleggsbransjen (BA-bransjen) påvirkes av innføringen av digitalisering, med fokus på overgangen fra tegningsbaserte til modellbaserte prosjekt. Studien bidrar med innsikt i utfordringene forbundet med digitaliseringen, og økt forståelse av hvorfor graden av digitalisering i dagens BA-bransje er så lav. For å undersøke dette ble det utført en kvalitativ og utforskende casestudie, der et samferdselsprosjekt ble studert. Data ble samlet inn ved semistrukturerte intervju av åtte prosjektdeltakere fra to organisasjoner i Norge.

I studien identifiseres flere fordeler ved modellbaserte prosjekt som tilrettelegger for en mer effektiv prosjektgjennomføring. Bygningsinformasjonsmodell/-modellering (BIM) gir en tydelig visualisering av prosjektet, som gjør det enklere å forstå løsningen – både for prosjektdeltakerne og utenforstående. I BIM-modellen kan all informasjon fra de ulike fagområdene samles på ett sted. Funnene viser at dette gir en betydelig fordel ved tverrfaglig kontroll, og tilrettelegger for bedre samhandling og samarbeid. Dette gjør at prosjektet kan utvikles med høyere kvalitet, noe som fører til mindre feil og bedre utnyttelse av ressurser i byggefasen.

Studien viser likevel flere utfordringer forbundet med innføring av digitalisering, og dette problematiserer gjennomføring av modellbaserte prosjekt. Fire barrierer kan trekkes fram som særlig avgjørende for dette: digitale verktøy, kunnskap, holdninger og standardisering. Disse barrierene gjør det utfordrende å overføre tegningsbaserte metoder og prosesser til modellbaserte, som gjør at prosjektgjennomføringen avhenger av de tradisjonelle metodene. Dette gjelder særlig for modellbasert fagkontroll og kvalitetssikring innenfor de ulike fagområdene, som oppleves som utfordrende og tidkrevende. Dette gjør også at risikostyring i stor grad utføres tilsvarende som i tegningsbaserte prosjekt. Funnene viser dessuten at det ikke er alle tegninger som kan erstattes av BIM-modellen, noe som gjør tegningsløse prosjekt særlig utfordrende. Funnene viser dermed at BA-bransjen har et stykke å gå før et omfattende prosjekt kan gjennomføres modellbasert og uten tegninger.

Denne masteroppgaven legger et godt grunnlag for videre forskning. Vi anbefaler at videre forskning undersøker gyldigheten i funnene, og nærmere studerer den aktuelle tematikken utover begrensningene i denne oppgaven. Studien viser at digitalisering har et stort potensial og kan øke produktiviteten i bransjen, og det anbefales videre å utvide omfanget av digitaliseringsbegrepet, særlig for å undersøke *Virtual Design Construction* (VDC) og hvordan dette tilrettelegger for bruk av BIM og tverrfaglig samhandling. Av studien kommer det fram at digitalisering i stor grad påvirker prosjektgjennomføringen, både for prosjekterende og oppdragsgiver/byggherre, og det oppfordres å undersøke dette fra entreprenør sitt perspektiv i videre forskning. Dette vil gi en ytterligere forståelse av påvirkningen digitalisering har på BA-bransjen, og kan bidra til å tilrettelegge for en enklere overgang til modellbaserte prosjekt.

Abstract

The objective of this master's thesis is to investigate how the construction industry is affected by digital transformation, mainly focusing on the substitution of traditional 2D drawings and tables with model-based design and software enabled by building information model/modelling (BIM). Given the low level of digitalisation in the construction industry today, this thesis will provide a better understanding of the challenges facing digital transformation. To investigate this, a qualitative and exploratory case study was conducted on a transport infrastructure project. Data was gathered through semi structured interviews of eight project participants representing to Norwegian organisations.

The study identifies several benefits provided by BIM and model-based design. BIM offers a 3D visualisation of the project which clarifies the solution and makes it easier to perceive the totality. Also, the BIM model contains information from all the disciplines involved. Our findings indicate that this gives a great advantage in collision detection and controlling interdisciplinary interfaces. This also facilitates better collaboration and interaction between both project participants and organisations within the industry. Thereby, the project can be developed at a higher quality, leading to fewer errors and better resource utilisation in the execution phase.

However, our findings indicate several challenges concerning the digital transformation. Four barriers are considered especially important: software technology, knowledge, culture and standardisation. These factors make the transformation from traditional methodology to BIM methodology particularly challenging, causing several processes to be performed as in traditional projects. This is especially true for quality assurance and control using the BIM model, which is considered challenging and time consuming. Likewise, risk management is mainly performed using traditional methods. Further, the findings show that not all 2D drawings can be satisfactory replaced by the model, making paperless projects especially challenging. Thus, our study shows that the construction industry still has a long way to go before a complex project can be performed fully model-based and without 2D drawings.

This thesis lays the groundwork for further research. We recommend further research to verify the findings of the study and investigate the relevant thematic beyond the limitations of this thesis. The study identifies a great potential of digitalisation that may increase the productivity of the industry, and it may be interesting to further investigate other areas of digitalisation, particularly how Virtual Design Construction (VDC) facilitates the use of BIM. Moreover, the study show that digitalisation significantly impact the project for both designer and client, and further research may also investigate this from the contractor's point of view. This will provide better insight on the impact of digitalisation in the construction industry, gaining knowledge that may facilitate an easier transition.

Innholdsfortegnelse

Forord	III
Sammendrag	V
Abstract	VI
Tabelliste	IX
Figurliste.....	IX
Forkortelser	X
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling	3
2 Teori og tidligere forskning	5
2.1 Multiconsult ASA	5
2.1.1 Samferdsel	5
2.2 Digitalisering	6
2.2.1 Digitalisering i Norge	6
2.2.2 Barrierer for digitalisering	7
2.2.3 Digitalisering i BA-bransjen	8
2.2.4 BIM	9
2.2.5 MMI	10
2.2.6 Digitale verktøy i BA-prosjekter	11
2.2.7 Filformat	12
2.2.8 Standardisering i BA-bransjen	14
2.2.9 Digital tvilling	15
2.3 BA-prosjekt	16
2.3.1 Faser i byggeprosessen	17
2.3.2 Aktører i BA-bransjen	18
2.3.3 Tegningsbaserte og modellbaserte prosjekt	20
2.4 Kontroll og kvalitetssikring i BA-prosjekter	21
2.4.1 Kontroll og kvalitetssikring i Multiconsult	23
2.5 Risiko	29
2.5.1 Risiko i BA-bransjen	29
2.5.2 BIM til risikostyring	31
3 Metode	33
3.1 Kvalitativ metode	33
3.2 Gjennomgang av litteratur	33
3.3 Casestudie	34

3.3.1	Intervju	35
3.3.2	Dokumentanalyse	37
3.3.3	Dataanalyse	37
3.4	Begrensninger ved metoden	38
3.4.1	Begrepsvaliditet	38
3.4.2	Indre validitet	39
3.4.3	Ytre validitet	39
3.4.4	Pålitelighet	39
4	Resultat.....	41
4.1	Casestudie: Bussveien Gausel – Forussletta, delstrekning Gausel stasjon – Hans og Grete stien	41
4.2	Empiriske funn	44
4.2.1	Digitale verktøy	45
4.2.2	Standardisering	47
4.2.3	Individ	49
4.2.4	Organisasjon	54
4.2.5	Framtidsutsikter for digitalisering i BA-bransjen	57
4.2.6	Oppsummering av empiriske funn	58
5	Diskusjon.....	59
5.1	Diskusjon av empiriske funn	59
5.1.1	Digitale verktøy	59
5.1.2	Standardisering	61
5.1.3	Individ	62
5.1.4	Organisasjon	65
5.2	Barrierer for digitalisering i BA-bransjen	66
5.2.1	Digitale verktøy	66
5.2.2	Kunnskap	67
5.2.3	Holdninger	68
5.2.4	Standardisering	68
5.3	Tiltak for digitalisering i BA-bransjen	69
6	Konklusjon.....	73
6.1	Begrensninger ved studien og forslag til videre forskning	74
	Litteraturliste	77
	Vedlegg	83

Tabelliste

Tabell 1: Digitaliseringsgrad i ulike bransjer i Europa	2
Tabell 2: Oversikt over mest brukte digitale verktøy i BA-bransjen	12
Tabell 3: Ulike modeller i modellbasert prosjektering.....	21
Tabell 4: Intern og ekstern kontroll.....	22
Tabell 5: Kontroll som skal gjennomføres for alle leveranser i Multiconsult	23
Tabell 6: Oversikt over søkemotorer.....	34
Tabell 7: Oversikt over utførte intervju.....	37
Tabell 8: Oversikt over intervjuobjekter og tilhørende ansvarsområder i prosjektet.....	44
Tabell 9: Oppsummering av empiriske funn.....	58

Figurliste

Figur 1: Produktivitetsindeks	1
Figur 2: Aktiviteter som leder til MMI-verdi.....	11
Figur 3: Sammenheng mellom mest brukte digitale verktøy og filformat i BA-bransjen	14
Figur 4: Evne til å gjøre endringer mot kostnad av endringer.....	18
Figur 5: Flytskjema for utskriftsbasert kontroll av dokumenter	25
Figur 6: Flytskjema for elektronisk kontroll av dokumenter	26
Figur 7: Fargekoder ved modellbasert prosjektering	28
Figur 8: Illustrasjon av Bussveien, delstrekning fv. Gausel stasjon – Hans og Grete stien.....	41

Forkortelser

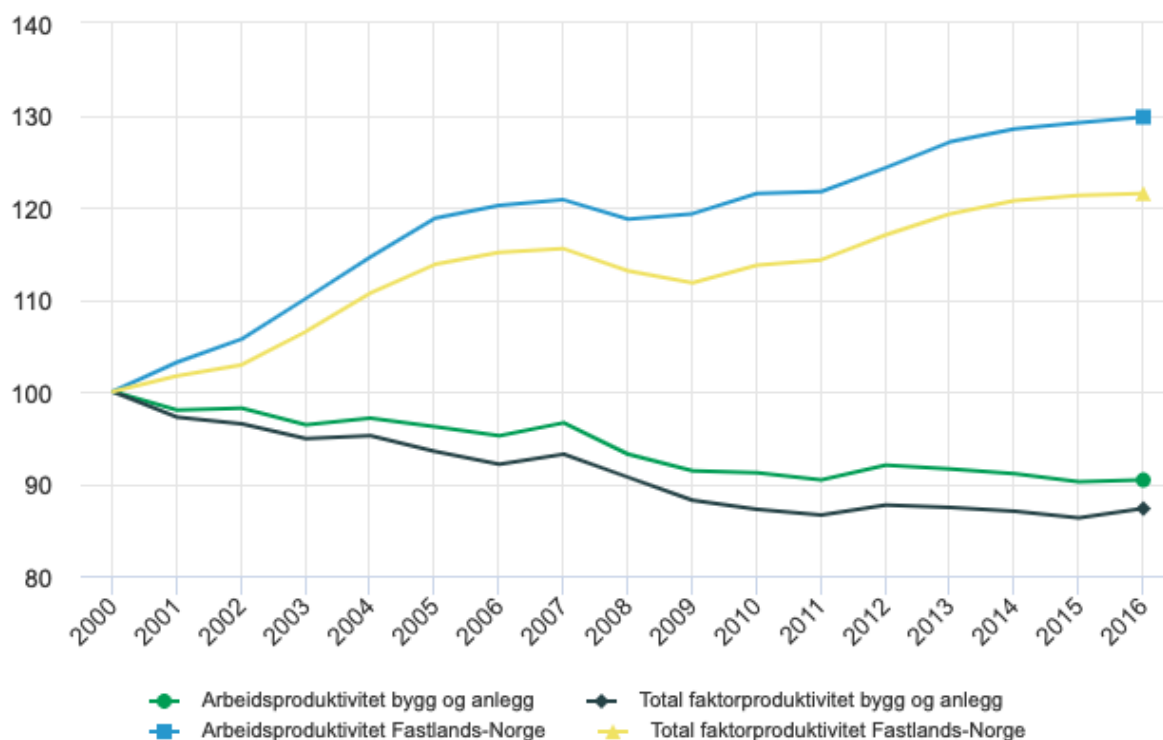
BA	Bygg og anlegg
BAE	Bygg, anlegg og eiendom
BIM	Bygningsinformasjonsmodell/-modellering
BNL	Byggenæringens landsforening
CIFE	<i>Center for Integrated Facility Engineering</i>
DAK	Dataassistert konstruksjon
DESI	<i>Digital Economy and Society Index</i>
Dibk	Direktoratet for byggkvalitet
Difi	Direktoratet for forvaltning og IKT
DWG	<i>Drawing</i> eller 2D-tegning. Filformat fra AutoCAD
EBA	Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg
EU	Den europeiske union
FDV	Forvaltning, drift og vedlikehold
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IKT	Informasjons- og kommunikasjonsteknologi
ISO	<i>International Organization for Standardisation</i>
IT	Informasjonsteknologi
MGI	McKinsey Global Institute
MMI	Modellmodenhetsindeks
NWF	Filformat fra Navisworks
RIF	Rådgivende ingeniørers forening
SSB	Statistisk sentralbyrå
VA	Vann og avløp
VVS	Varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Bygge-, anleggs- og eiendomsnæringen (BAE-næringen) er en av de største i verden, med hele 7 % av verdens befolkning i arbeidsfør alder ansatt i næringen (Barbosa et al., 2017). I Norge er dette den nest største næringen, målt i verdiskapning og i antall sysselsatte. I 2010 var hele 13 % av sysselsatte i Norge ansatt i BAE-næringen (Kommunal- og regionaldepartementet, 2012). Dette utgjorde i 2017 en omsetning på over 550 milliarder NOK i bygge- og anleggsbransjen (BA-bransjen) (Statistisk sentralbyrå, 2019).

Det har vært en kraftig vekst i BAE-næringen de siste årene, men næringen sliter med produktiviteten (Kommunal- og regionaldepartementet, 2012). I BA-bransjen har produktiviteten, som er et mål på det relative forholdet mellom innsatsfaktorer og produksjon, falt eller vært uendret i flere år. I 2016 hadde arbeidsproduktiviteten, definert som bruttoprodukt i faste priser per timeverk, sunket med nesten 10 % siden 2000. Dette er illustrert i figur 1, som viser prosentvis endring i produktivitet i BA-bransjen mot Fastlands-Norge (Todsén, 2018). Det er likevel store forskjeller i effektiviteten i næringen. Rapporten «Effektivitetsanalyse av byggeprosjekter» utarbeidet av SINTEF viser at de minst effektive byggeprosjektene bruker dobbelt så mye ressurser som de mest effektive (Ingvaldsen & Edvardsen, 2007).



Figur 1: Produktivitetsindeks

1 INNLEDNING

Årsaken til den lave produktiviteten i BA-bransjen er kompleks. Fraværet av store teknologiske nyvinninger, omfattende offentlige krav og lite fokus på produktivitet i gode tider er noen av de mulige årsakene (Kommunal- og regionaldepartementet, 2012). Lav grad av digitalisering i bransjen kan dessuten trekkes fram som avgjørende for dette (IKT-Norge, 2015). I følge McKinsey Global Institute (MGI) sin digitaliseringsindeks er BA-bransjen den minst digitaliserte bransjen i Europa – som vist i tabell 1 (Bughin et al., 2016).

Økt bruk av digitale verktøy kan gi stor produktivetsgevinst. En studie gjennomført av Statistisk sentralbyrå (SSB) i 2008 viser at gjennomsnittlig verdiskapning per timeverk er 14,7 % høyere i foretak med høy bruk av informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT). En god anvendelse av de digitale verktøyene kan øke produktiviteten, blant annet ved å effektivisere drift og redusere kostnader. Dersom bransjen ikke utnytter de mulighetene teknologien gir, vil det bidra til å trekke ned produktiviteten i bransjen – og i økonomien som en helhet (IKT-Norge, 2015). Det estimeres et gevinstpotensial på 100 milliarder NOK per år ved en heldigitalisering av den norske BAE-næringen, noe som gjør innføring av digitalisering til et svært relevant tema (Byggenæringens landsforening, 2017).

Tabell 1: Digitaliseringsgrad i ulike bransjer i Europa

Digitaliseringsgrad	Bransje
1	IKT
2	Mediebransjen
3	Finansiering og forsikring
4	Rådgivning
5	Agentur- og engroshandel
6	Detaljhandel
7	Legemiddelindustri
8	Elektrisitet, vann og renovasjon
9	Olje- og gassvirksomhet
10	Råvareproduksjon
11	Bergverksdrift og utvinning
12	Eiendom
13	Transport og lagring
14	Varehandel
15	Personlig tjenesteyting
16	Offentlig administrasjon
17	Undervisning
18	Helse- og sosialtjenester
19	Underholdning
20	Overnattings- og serveringsvirksomhet
21	Landbruk
22	Bygge- og anleggsvirksomhet

Digitalisering i BA-bransjen omfatter i stor grad implementering og bruk av bygningsinformasjonsmodell/-modellering (BIM). Dette kan gi store fordeler når det kommer til kvaliteten av produktet, i tillegg til produktiviteten og ressursutnyttelsen gjennom prosjektløpet. I 2007 analyserte Center for Integrated Facility Engineering (CIFE) ved Stanford University 32 prosjekter innen BA-bransjen, der det framkom store fordeler ved bruk av BIM. Blant annet ble det observert opp til 40 % reduksjon av endringer utenfor budsjett, opp til 10 % besparelse på kontraktsverdien som følge av forbedret tverrfaglig kontroll, og opp mot 7 % reduksjon av tidsbruk (Chien, Wu & Huang, 2014).

Flere internasjonale studier har blitt utført for å undersøke digitalisering i BA-bransjen, med særlig fokus på bruk av BIM (Cao, Li, Wang & Huang, 2017; Mat Ya'Acob, Mohd Rahim & Zainon, 2018; Zou, Kiviniemi & Jones, 2015). Det er likevel få studier som undersøker den norske BA-bransjen, og hvordan innføring av digitalisering påvirker prosjektgjennomføringen. Dette kan være en følge av at det fremdeles er få heldigitaliserte prosjekter i Norge i dag.

1.2 Problemstilling

I denne masteroppgaven undersøkes digitalisering i BA-bransjen ved en kvalitativ casestudie, der ett av Multiconsult sine samferdselsprosjekt studeres. Hensikten med studien er å opparbeide kunnskap om gjennomføring av modellbaserte prosjekt i praksis, og finne barrierer for innføring av digitalisering. Intervju med prosjektdeltakere med ulike stillinger i prosjektet, fra både prosjekterende og oppdragsgiver/byggherre, gir innsikt i situasjonen i bransjen i dag, med utgangspunkt i følgende problemstilling:

Hvordan påvirkes BA-bransjen av innføring av digitalisering?

I studien sees det nærmere på påvirkningen digitalisering har på prosjektet. Dette for å undersøke fordeler og ulemper med gjennomføring av modellbasert prosjekt, og utfordringer som gjør at prosjektet ikke gjennomføres tegningsløst. Følgende forskningsspørsmål brukes som utgangspunkt for å best mulig besvare problemstillingen:

- Hvordan påvirker digitalisering kontroll og kvalitetssikring i prosjektet?
- Hvordan påvirker digitalisering risikostyring i prosjektet?
- Hvordan påvirker de digitale verktøyene prosjektgjennomføringen?
- Hva er barrierene for innføring av digitalisering i BA-bransjen?

Resultatet av denne masteroppgaven er en økt forståelse av de eksisterende barrierene for implementering av digitalisering i BA-bransjen, og problematikken forbundet med å gjennomføre prosjekt modellbasert og tegningsløst. Dette skal gi bedre forståelse for hvordan disse barrierene best kan håndteres. Studien ble utført i samarbeid med Multiconsult, og undersøker derfor også hvordan de kan tilrettelegge for økt digitalisering i selskapet.

1 INNLEDNING

2 Teori og tidligere forskning

I dette kapittelet presenteres teori og tidligere forskning som er relevant for denne oppgaven. Dette skal sikre en grundig gjennomgang av tilgjengelig teori og litteratur rundt digitalisering i BA-bransjen, i tillegg til beskrivelse av viktige prosesser innen bygge- og anleggsprosjekt (BA-prosjekt) som må fungere optimalt for å muliggjøre en overgang til modellbaserte prosjekt. Dette danner grunnlaget for videre resultat og diskusjon.

2.1 Multiconsult ASA

Multiconsult er et av Norges største prosjekterings- og rådgivningsselskap. Selskapet utfører tverrfaglig rådgivning, prosjektering, prosjektoppfølgning, verifikasjon og kontroll. Multiconsult har over 30 kontorer i Norge, med hovedkontor på Skøyen i Oslo. De siste årene har selskapet også opprettet flere internasjonale kontorer.

I Multiconsult er det fokus på å skape ny historie i samarbeid med selskapets kunder. Selskapet er derfor opptatt av å se muligheter og sprengre grenser. Multiconsult har som del av sin strategi å «ta en bransjeledende posisjon innen digitalisering i Skandinavia» (Holtedahl).

Norsk Vandbygningsskontor ble fusjonert med Multiconsult i 2003 (Christensen). Multiconsult har derfor aner tilbake til 1908, og har gjennom mer enn 100 år bidratt til Norges utvikling og økonomiske vekst gjennom sine syv forretningsområder:

- Bygg og eiendom
- Industri
- Olje og gass
- Samferdsel
- Fornybar energi
- Vann og miljø
- By og samfunn

2.1.1 Samferdsel

Innen samferdsel dekker Multiconsult alle aspekter fra rådgivning og veiledning i idé- og utviklingsfasen, til planlegging og prosjektering gjennom hele prosjektet, og videre til oppfølging i anleggsperioden. Som følge av at de faglige utfordringene innen samferdsel spenner vidt, har Multiconsult rådgivere med kunnskap fra flere disipliner. Dette inkluderer blant annet landskapsarkitekter, byplanleggere, geologer, geoteknikere, konstruktører og ingeniører med spesialisering innen vei, bane og vann. Samferdsel kan deles inn i fem objekter: vei, bru, tunell, farled, lufthavn og havner (Melhus).

Vei

Veibygging har blitt et stort satsningsområde i Norge de siste årene. Innen vei omfatter Multiconsult sine tjenester hovedsakelig følgende:

- Detalj-/reguleringsplan for veier, gater og plasser
- Byggeplan og anbudsdokumenter for vei- og gateprosjektering og parkeringsanlegg
- Byggeplan og anbudsdokumenter for serviceanlegg
- Kostnadsoverslag
- Usikkerhetsanalyser
- Oppfølging i byggetiden
- Byggeledelse
- Trafikkstøy

Multiconsult arbeider hovedsakelig med store og komplekse veiprojekt. Da er de med både i tidligfase og i prosjekteringsfase. I tidligfasen skal Multiconsult bidra til gode løsninger på komplekse vei- og gateanlegg. I prosjekteringsfasen er hovedfokuset å finne riktige utførelsesmetoder med tanke på sikker og rasjonell anleggsgjennomføring, miljøhensyn og riktig kvalitet i løsningsvalg. I slike prosjekter er mange ulike disipliner involvert, og samhandling mellom disse er spesielt viktig. Gode rutiner for håndtering av grensesnitt mellom fagene er nødvendig, som gjør tverrfaglig prosjektering til en stor del av veiprojekt (Multiconsult). Hos Multiconsult er derfor digitale verktøy viktige, særlig for tverrfaglig kontroll. Dette tilrettelegger dessuten for bedre samhandling og kommunikasjon – både internt mellom ulike disipliner og fagområder, og eksternt mot kunde og brukere.

2.2 Digitalisering

Digitalisering betegner en transformativ prosess der noe blir digitalt, og handler om å bruke teknologi til å fornye, forenkle og forbedre. I organisasjonsmessig sammenheng kan det defineres som transformasjonen fra at informasjonsteknologi (IT) er et støtteverktøy i en virksomhet, til at det er en del av virksomhetens identitet (Andersen & Sannes, 2017). Ved å tilrettelegge for økt verdiskapning og innovasjon, kan digitalisering bidra til å øke produktiviteten i både privat og offentlig sektor (Regjeringen, 2014).

2.2.1 Digitalisering i Norge

I Norge er digitalisering blitt et moteord som stadig preger samfunnsdebatten. I statsbudsjettet 2019 presenteres tidenes største satsing på digitalisering, som blant annet innebærer en egen digitaliseringsminister og over 1 milliard kroner bevilget til nye IT- og digitaliseringstiltak (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2018).

I 2018 lanserte «IT i praksis» sin ellefte rapport om Norges digitale status. Dette er et samarbeid mellom Rambøll Management Consulting, IKT-Norge, Visma, Den norske dataforeningen og Difi. Fra rapporten kommer det blant annet fram at offentlig sektor henger etter når det kommer til digitalisering. Det største hinderet vises å være medarbeideres manglende kompetanse og virksomheters manglende kapasitet (IKT-Norge, 2018). Samme år presenterer EU-kommisjonen sin indeks DESI (*Digital Economy and Society Index*), som måler grad av digitalisering i europeiske land. Her faller Norge fra andre til femte plass, samtidig som Danmark tar førsteplassen. Rapporten viser blant annet at Norge ikke klarer å utnytte digitalisering i industrialiseringen, særlig når det kommer til å utnytte potensialet innen strategi, robotisering, digitalisering og IKT-kompetanse (Regjeringen, 2018).

2.2.2 Barrierer for digitalisering

En undersøkelse utført av EVERY Survey (2018) viser at en stor del av befolkningen i Norge er generelt positive til digitalisering. Menn er noe mer positive enn kvinner, og yngre er generelt mer positive enn eldre. Det eksisterer derimot noe bekymring for at digitalisering vil føre til mindre menneskelig kontakt og færre arbeidsplasser. Ifølge en digitaliseringsstudie gjennomført av Norsk Industri og Siemens (2016) anser norske bedrifter digitalisering som viktig. I tillegg mener syv av ti at digitalisering er avgjørende for å være konkurransedyktige om fem år. Det er likevel kun én av tre som mener de har gode nok planer og strategier i forbindelse med implementering av digitalisering, og bedriftene mener selv at deres potensiale for digitalisering er svakt utnyttet i dag. I undersøkelsen kommer det frem at den største barrieren for digitalisering er kunnskap (Norsk Industri & Siemens, 2016). Digitalisering er viktig for å opprettholde konkurransekraften i framtiden, men den nødvendige kompetansen og kapasiteten for å utnytte potensialet som digitalisering innehar er ikke tilstede.

Av en studie gjennomført av IDC (*International Data Corporation*) kommer det frem at de største barrierene for økt digitalisering ikke handler om teknologien i seg selv, men personer og prosesser. Digitalisering handler dermed mindre om teknologi, og mer om hvordan folk jobber og deres holdninger til teknologien (Toomey, 2018). Når et selskap implementerer digitalisering i virksomheten oppstår det utfordringer både ved initiering, utføring og koordinering. MIT Center for Digital Business og Capgemini Consulting gjennomførte en studie om digital transformasjon, og kom frem til tre barrierer for vellykket innføring av digitalisering: manglende kunnskap, holdninger og IT-problemer (MIT Center for Digital Business & Capgemini Consulting, 2011).

Ny teknologi avhenger ofte av kunnskap som ikke finnes i bedriften fra før. Det krever tid og ressurser for å opparbeide ny kunnskap i organisasjonen, slik at potensialet i digitale verktøy kan utnyttes. Digitalisering kan også føre til endringer i arbeidssituasjonen til flere, noe som videre kan føre til skepsis og holdningsproblemer innad i organisasjonen. Det kan derfor være utfordrende å få til den nødvendige omstillingen i måten folk jobber på. Mange

informasjonsbaserte fordeler reduseres dessuten på grunn av ledere som ikke klarer å omstille seg og tenke annerledes når avgjørelser skal tas. En sterk visjon og god kommunikasjon er blant de viktigste pådriverne for å oppnå endring i holdninger blant de ansatte (MIT Center for Digital Business & Capgemini Consulting, 2011). Selv om IT er en grunnleggende del av de digitale evnene til et selskap, opplever flere mangler i både struktur og kunnskap når det kommer til IT. Mange opplever dessuten problemer med forholdet mellom virksomhet og IT. Dårlige erfaringer forbundet med dette kan også gjøre det utfordrende å opprettholde den gode kommunikasjonen som er nødvendig for å implementere digitalisering (MIT Center for Digital Business & Capgemini Consulting, 2011).

2.2.3 Digitalisering i BA-bransjen

I BA-bransjen innebærer digitalisering en introduksjon av høyteknologi og datatekniske metoder og verktøy i prosjektene. Dette skal erstatte, effektivisere og automatisere manuelle prosesser, oppgaver og operasjoner. Målet med å digitalisere BA-bransjen er å ha tegninger som alltid er oppdaterte og oppnå bedre kvalitet i byggeprosessen. Digitalisering kan dessuten skape raskere prosesser som sparer tid og kostnader, samtidig som det kan bedre helse-, miljø- og sikkerhetsarbeidet (HMS-arbeidet) på bygge- eller anleggsplassen (Langholm, 2018).

I strategien «Sammen bygger vi framtiden» utarbeidet av Bygg21 identifiseres et potensial for å kutte kostnader i BAE-næringen med 20 % fra 2013 innen utgangen av 2020 (Bygg21, 2014). Dette basert på innspill fra over 400 aktører fra bygg- og eiendomsnæringen, statlige myndigheter, forsknings- og utdanningssektoren og andre sentrale aktører. En viktig del av dette vil være en digitalisering av kommunikasjonen i næringen, som tidligere har vært preget av mye papirarbeid og dokumenter som er tidkrevende å håndtere.

I 2016 gjennomførte Bygg21-programmet en undersøkelse i samarbeid med TNS Kantar for å vurdere bruken av digitale verktøy i BA-bransjen. Denne rapporten viste blant annet at bestillinger i hovedsak gjøres fra byggeplassen og per e-post, noe som er en tidkrevende og lite effektiv måte å kommunisere på. Fra undersøkelsen framkommer et tydelig behov for en digitalisering av BA-bransjen og utvikling av nye, gode systemer som er enkle å bruke (Følgesvold, 2016).

En digital bygge- eller anleggsplasse har enda ikke blitt gjennomført fullt ut. Noen forutsetninger for at dette skal skje inkluderer en felles digital plattform, standarder, digitale lover og regler. Dessuten kreves en større grad av kompetanseutvikling og gevinstrealisering.

2.2.4 BIM

BIM er et viktig bidrag til mer effektiv gjennomføring av BA-prosjekter, og er en viktig del av digitaliseringen i BA-bransjen. BIM kan beskrives som en digital representasjon av fysiske og funksjonelle karakteristikker ved en konstruksjon, og fungerer som en kunnskapsressurs der informasjon om en fasilitet kan deles og slik danner grunnlag for avgjørelser gjennom livssyklusen (Smith, 2014). BIM er en måte å digitalisere informasjon på, og innebærer en utvikling av samhandlingen og informasjonsflyten i byggeprosessen.

BIM er et begrep som kan vise til både produkt og prosess. Bygningsinformasjonsmodell er det som produseres gjennom prosjekteringsprosessen, mens bygningsinformasjonsmodellering viser til arbeidsprosessen som utføres når modellen utvikles. BIM-modellen bygges opp av objekter, som kan være hele bygninger og andre konstruksjoner med arealer, eller bygningsdeler, installasjoner og utstyr. Objektene tildeles både generiske og spesifikke egenskaper, og kan bindes til hverandre gjennom relasjoner. Modellen bygges dermed opp med objekter som det kan knyttes informasjon til, og som kan hentes ut av modellen som ferdig prosjekterte elementer. Dette krever at alle aktørene tidlig i prosessen legger samme tilnærming til grunn for arbeidet. Bruk av BIM påvirker slik hele byggeprosessen, og bidrar til en omforming av hvordan prosjektgrupper arbeider sammen (Flyen, 2016).

Det overordnede målet er at BIM-modellen skal være en digital kopi av bygget gjennom prosjekteringsfasen, byggefasen, bruksfasen og avhendingsfasen. En viktig del av BIM-konseptet er at det kun brukes én modell, og at all informasjon og endringer i de ulike fagområdene sin fagmodell settes sammen til én fil. Alle endringer skjer da koordinert, og involverte tegninger oppdateres automatisk. Ved å benytte et åpent filformat kan involverte fra ulike fagdisipliner berike modellen og hente ut ønsket informasjon, samtidig som de har muligheten til å bruke foretrukket verktøy (Graphisoft NO, 2019). Dette kan bidra til både indre og ytre effektivitet. Samtidig kan dette bidra til å unngå feilprosjektering og mangler i tegningsunderlaget (Statsbygg, 2014).

Selv om 3D-modeller har vært benyttet av designere og prosjekterende i lang tid, har BA-bransjen benyttet 2D-tegninger og dokumenter til å utveksle informasjon om prosjektering frem til relativt nylig. Det er fremdeles stor variasjon i hvor langt ulike aktører i bransjen har kommet med bruk av BIM, og det benyttes først og fremst som prosjekteringsverktøy med vekt på geometrisk 3D-representasjon. Bruk av BIM gir store muligheter for den enkelte aktør, i tillegg til at det tilrettelegger for tverrfaglig dialog og samarbeid med andre aktører. Mye av potensialet i BIM utnyttes likevel ikke, både i graden av modellering, mengden informasjon i modellobjekter og informasjonsflyten mellom aktører (Flyen, 2016).

I tillegg til at det kan hentes ut plantegninger i 2D og geometriske visualisering i 3D, kan det fra BIM-modellen hentes informasjon helt til 8D. Det kan benyttes 4D framdrifts- eller tidsestimat, 5D-kostnadsmodellering og 6D-forvaltning, drift og vedlikehold (FDV). Videre kan også informasjon om bærekraft spesifiseres i 7D, i tillegg til HMS i 8D (Statsbygg, 2014). En av de store fordelene med å bruke en BIM-modell er at den er dynamisk, og utvikler seg i

takt med utviklingen av prosjektet. Når bygget er ferdig, kan modellen derfor anvendes som en «som-utført-modell» (eventuelt «som-bygget-modell»), og følge byggherren over i FDV av bygningen (Flyen, 2016).

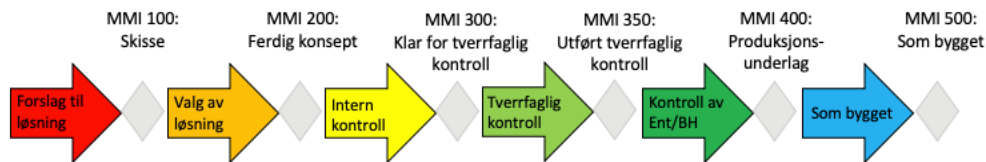
Bruk av BIM er ikke nytt, men i hvilken grad det benyttes varierer kraftig avhengig av krav fra kunder og preferanser hos leverandør. Det eksisterer flere programvarer for analyse, design og detaljering tilknyttet BIM, men flere faktorer gjør dette utfordrende å implementere i prosjekter. I en studie av Migilinskas, Popov, Juocevicius og Ustinovichius (2013) ved Vilnius Gediminas Technical University framkommer flere barrierer for implementering av BIM. Dette inkluderer skepsis til verdien av BIM blant prosjektdeltakerne, og lave forventninger til forbedret prosjektgjennomføring. Investeringskostnaden er dessuten høy, og det krever tid og innsats å lære seg verktøyene. Bruk av BIM krever en endring i arbeidsmetode, og det kan være utfordrende for mange å tilpasse seg dette. Samarbeid er avgjørende for å utnytte potensialet i BIM-modellen, både mellom ulike aktører i bransjen og innad i organisasjonene, og det er viktig at alle i prosjektet har nok kunnskap til å bruke modellen. Problemer med eksport mellom de forskjellige programvarene skaper også utfordringer, og påvirker samarbeidet (Migilinskas et al., 2013).

BA-bransjen har rykte på seg å ligge etter når det kommer til implementering av nye teknologier, og digitale teknologier er ofte et biprodukt i stedet for å være en del av virksomhetens kjerne. Dette resulterer i at BIM har fått status som en sideleveranse. Ved å kontraktfeste at BIM-modellen skal være *master* kan dette derimot snus. Da er BIM-modellen gjeldende foran tegninger, og all informasjon genereres og hentes ut fra BIM-modellen. Tradisjonelle papirtegninger erstattes da av digitale modeller i BIM-modellen (Statsbygg, 2018).

2.2.5 MMI

BIM krever mer og bedre samhandling mellom fagene. En forutsetning for dette er at partene forstår hverandres bidrag, og at det jobbes mot et felles mål. Mye av terminologien som brukes om arbeidsprosesser i dag er knyttet opp mot tegningsproduksjon, noe som gjør det utfordrende å overføre disse til modellbasert prosjektering. Det finnes flere måter å spesifisere hvor ferdigstilt et objekt i BIM-modellen er, blant annet ved detalj- og utviklingsnivå. Det eksisterer et behov i bransjen for en felles, standardisert måte å kommunisere ferdiggraden av objekter. Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg (EBA), Rådgivende ingeniørers forening (RIF) og Arkitektbedriftene i Norge har derfor utviklet modellmodenhetsindeks (MMI).

2 TEORI OG TIDLIGERE FORSKNING



Figur 2: Aktiviteter som leder til MMI-verdi

Indeksen skal danne et grunnlag for felles rutiner og terminologi når det kommer til ferdiggrad i modell. MMI beskriver modningstiden av objekter i en BIM-modell, både med tanke på geometri og informasjonsinnhold ved bruk av tallkoder. Dette er først og fremst en metodikk for kommunikasjon i gjennomføringen av prosjektet. Ved bruk av MMI deles ferdiggraden i seks deler med tilhørende verdier, som vist i figur 2 (Fløisbonn, Skeie, Uppstad, Markussen & Sunesen, 2018).

MMI er godt egnet for planlegging av prosjekteringsleveranser. Kodene i systemet gjør det enklere for hvert fag å planlegge sin egen leveranse, i tillegg til å signalisere behov for BIM-leveranser fra andre fagdisipliner. På denne måten kan en BIM-leveranse enkelt planlegges med tilsvarende modenhet i samme område til samme tid. Dette hever kvaliteten på den tverrfaglige kontrollen, som videre reduserer feil og ressurser på omprosjektering (Fløisbonn et al., 2018).

2.2.6 Digitale verktøy i BA-prosjekter

Det finnes mange programvarer som kan brukes til å produsere og behandle BIM-modeller. Prosjekteringsverktøy benyttes til å produsere modellene, mens sammenstillingsverktøy brukes til å laste inn modellene fra forskjellige programvarer og sammenstille disse. Det finnes mange gode programvarer, men alle har positive og negative egenskaper som gjør at det gjerne benyttes flere program i et prosjekt. Innen anleggsbransjen er Tekla Structure, Navisworks, Novapoint og Revit særlig utbredt blant prosjekterende. I tillegg er ArchiCAD mye brukt av arkitekter, mens Gemini Terreng foretrekkes av mange entreprenører. De mest brukte programvarene innen BA-bransjen er beskrevet i tabell 2. Måten disse brukes mot hverandre, med tilhørende filformat, er dessuten sammenfattet i figur 3 i neste delkapittel.

Tabell 2: Oversikt over mest brukte digitale verktøy i BA-bransjen

Program	Beskrivelse
ArchiCAD	Prosjekteringsverktøy fra Graphisoft. Et komplett BIM-verktøy med støtte for tverrfaglig prosjektering gjennom filformatene DWG og IFC (Graphisoft, 2019)
Tekla Structure	Prosjekteringsverktøy som kan brukes til design, detaljering og håndtering av informasjon – fra planlegging til utførelse. Verktøyet bruker et åpent format, som vil si at alle modeller, også produsert i andre program, kan kjøres i Tekla (Tekla, 2019)
Novapoint	Mye brukt innen samferdsel i forbindelse med BIM. Programvaren kan brukes til å prosjektere vei, jernbane, tunell, bru og VA. Ved hjelp av Novapoint kan komplekse modeller av infrastrukturer lages på en effektiv måte (Trimble, 2019)
AutoCAD 3D	Programvare fra Autodesk som kan brukes for 2D- og 3D-DAK av tegninger og modeller. Brukes i hovedsak av arkitekter og ingeniører (Autodesk, 2019a)
Civil 3D	Programvare fra Autodesk som støtter BIM. Innehar egenskaper som er egnet for prosjekt innen infrastruktur, og brukes blant annet for å prosjektere jernbane, vei og VVS (Autodesk, 2019b)
Revit	Autodesk-program som er utviklet for BIM. Har funksjoner for VVS, elektro, byggeteknikk og konstruksjon. Programmet støtter multidisiplinære designsamarbeidsprosesser og kan importere, eksportere og koble sammen data fra formater som IFC og DWG (Autodesk, 2019e)
Gemini Terreng	3D-verktøy som leveres av Powel Construction. Brukes i en stor del av samferdselsprosjekter i Norge. Kan brukes i alle faser av prosjektet, til prosjektering av vei, kryss, tunell, byggegrop og VA – i tillegg til dokumentasjon av utført arbeid (Powel Construction, 2019)
Navisworks	Programvare fra Autodesk som brukes til å lage tverrfaglige modeller. I tverrfaglige modeller legger alle involverte fagområder inn sine fagmodeller, slik at det kan foretas en tverrfaglig kollisjonstest. Integrerte modeller kan slik revideres av relevante aktører, herunder arkitekter, prosjekterende og utførende. Dette bidrar til å oppnå bedre kontroll over prosjekteresultatene (Autodesk, 2019d)

2.2.7 Filformat

Med mange ulike aktører involvert i et prosjekt, er det viktig at programvarene for prosjektering, bygging og forvaltning samhandler. For å muliggjøre dette er det nødvendig med standardiserte datautvekslingsformater og utvekslingsgrensesnitt. I byggebransjen brukes IFC (*Industry Foundation Classes*) som standard format, og de fleste programvarene i bransjen benytter seg av dette. I anleggsbransjen er det derimot ikke etablert et standard format. Derfor brukes ofte DWG-filer, til tross for at dette er et lukket format. Det eksisterer

et stort behov for et åpent utvekslingsformat, også innen anlegg. Jensen og Kirkhorn (2015) påpeker i sin artikkel at IFC har blitt vanligere de siste årene, men at det fremdeles er nødvendig at anleggsbransjen forenes om et standard, åpent utvekslingsformat. I tillegg til IFC og DWG, er også LandXML og NWF mye brukte filformat innen BA-bransjen i dag.

IFC

IFC er den mest utbredte standarden for utveksling av objektsbaserte BIM-modeller. Formatet er velegnet for å utveksle informasjon om geometri, egenskaper og relasjon for objekter i modell. Det er ikke obligatorisk ved overføring av slike modeller, men ansees foreløpig som det beste av de godkjente arkivformatene for ivaretagelse av slik informasjon (Difi, 2018).

Formatet er standardisert av ISO (*International Organization for Standardisation*), som er en ikke-kommersiell organisasjon. IFC-standardens vedlikeholdes av buildingSMART, en nøytral og åpen, internasjonal organisasjon. Utviklingsprosessen har vært åpen, transparent og ikke-diskriminerende, og er implementert av de viktige modelleringsprogrammene – i tillegg til en rekke nedstrømsapplikasjoner i BA-bransjen (Difi, 2018).

DWG

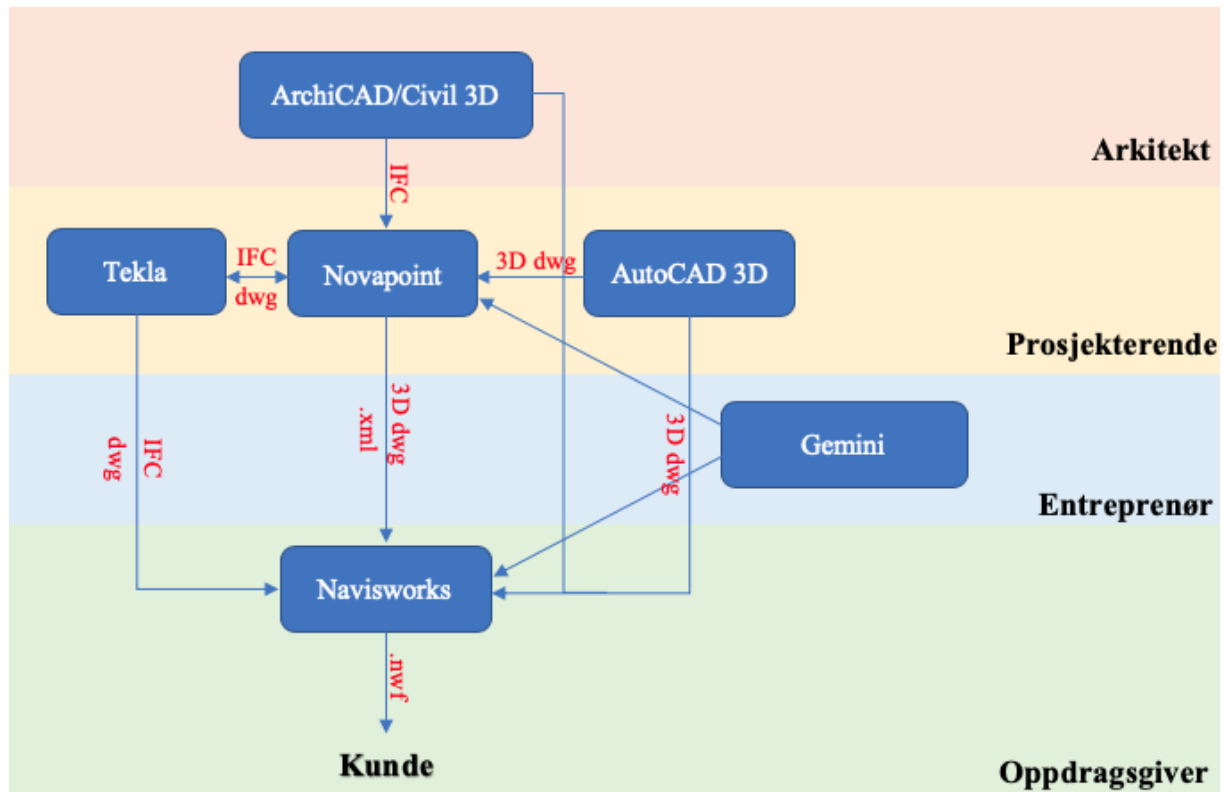
Filformatet DWG (fra det engelske *drawing*) ble først lansert sammen med den første AutoCAD-programvaren i 1982, og inneholder dermed all informasjon brukere legger til DAK-tegninger (dataassistert konstruksjon) (Autodesk, 2019c). AutoCAD har blitt mye brukt siden da, noe som har gjort DWG særlig utbredt. Andre programvareleverandører har dessuten implementert programvare fra Autodesk for å tilrettelegge for bruk av DWG. Likevel er ikke DWG-filer alltid en effektiv måte å utveksle filer på som en følge av at inkompatibilitet mellom programvarene kan føre til problemer ved dataoverføring (Archaeology Data Service, 2019).

LandXML

Det åpne og internasjonale filformatet LandXML brukes til utveksling av anleggs-, samferdsels- og infrastrukturdata, og er særlig utbredt innen veiprosjekter. En av grunnene til at formatet er mye brukt er at utvekslingsformatet kan importeres direkte av flere maskinstyringsverktøy (BIM for landskapsarkitektur, 2012).

NWF

Ett av filformatene i Autodesk Naviswork er NWF. Slike filer inneholder lenker til de opprinnelige filene, og spesifikk data relatert til Naviswork. Ingen modellgeometri er lagret i dette formatet, noe som gjør filene mindre og lettere å håndtere.



Figur 3: Sammenheng mellom mest brukte digitale verktøy og filformat i BA-bransjen

2.2.8 Standardisering i BA-bransjen

Digital samhandling er svært viktig i BAE-næringen. Fri flyt av digital informasjon mellom ulike fagområder, aktører og faser i prosjektet kan bidra til økt effektivisering, færre feil, bedre kommunikasjon og ressursutnyttelse som vil gi en forbedret prosjektgjennomføring. Standardisering er et viktig verktøy for å øke den digitale samhandlingen i BA-bransjen (Standard Norge). De siste årene har det blitt fokusert på både nasjonale og internasjonale standarder innen den digitale byggeprosessen som skal tilrettelegge for innføring av digitalisering og implementering av BIM (Standard Norge). I den norske BA-bransjen benyttes Norsk Standard, som utgis av Standard Norge. Dette er den ledende aktøren på nasjonal og internasjonal standardisering i Norge (Standard Norge, 2019a).

I samarbeid med Direktoratet for byggkvalitet (Dibk) lanserte Standard Norge 30. april 2019 to nye, internasjonale standarder som skal fremme BIM på tvers av prosjekter og landegrenser. Disse skal oversettes og utgis på norsk i løpet av 2019 (Standard Norge, 2019b):

- NS-EN ISO 19650-1 Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) – Informasjonsforvaltning med BIM – Del 1: Begreper og prinsipper
- NS-EN ISO 19650-2 Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert bygningsinformasjonsmodellering (BIM) – Informasjonsforvaltning med BIM- Del 2: Prosjektfasen

Håndbok V770: Modellgrunnlag

Før lanseringen av disse standardene har det vært få standarder å følge når det kommer til gjennomføring av modellbaserte prosjekt og digitalisering i den norske BA-bransjen. I mangel på standarder innen samferdsel, blir Statens vegvesen sin modellhåndbok for veiprosjekter, Håndbok V770, ofte brukt som utgangspunkt. I tillegg til veiprosjekt som utføres av Statens vegvesen, blir også håndboken brukt av blant annet Nye Veier og BaneNor (Thorsen).

Håndbok V770 ble først utgitt i 2012, med en revidert versjon i 2015. Den beskriver hvordan 3D-modeller skal brukes i veiprosjekter, og stiller krav til grunnlagsdata, modeller og andre dokumentasjonstyper. Håndboken er gjeldende for oppdragsgiver, rådgiver (prosjekterende) og entreprenør (Veidirektoratet, 2015). Håndbok V770 ble utviklet med målsetning å bidra til

- Tydeligere kvalitetskrav til grunnlagsdata
- 3D-prosjektering i alle fag
- Standardisert beskrivelse av objekter og modeller
- Bruk av åpne, standardiserte formater
- Bruk av modeller som arbeidsgrunnlag i byggefasen
- Standardisering av sluttdokumentasjon fra prosjektfaser

2.2.9 Digital tvilling

Utviklingen innen datateknologi har ført den fysiske og den virtuelle verdenen nærmere hverandre. Som del av digitaliseringen i BA-bransjen har det vært mye fokus på BIM og digitale BA-prosjekter. Det neste steget i denne digitaliseringen er de digitale tvillingene, som blant annet skal føre til kostnadsreduksjon og optimalisering av ressursforbruk gjennom alle faser av byggets livssyklus (Cobuilder, 2018). En digital tvilling kan defineres som en digital representasjon av bygget som skal inneholde nødvendig informasjon eller referanse til informasjon som dekker alle behov gjennom byggets levetid. Dette innebærer bruk av BIM og IFC, men handler også om hvordan informasjonen er koblet sammen.

Gjennom nye teknologier (for eksempel tingenes internett) kan et bygg leve et virtuelt liv som en digital tvilling. Denne kan endres dynamisk ettersom det fysiske objektet endrer seg. For eksempel kan sensorer samle data om innvirkning av eksternt miljø på bygget, mens det virtuelle objektet kan optimalisere ytelsen på bakgrunn av produktdata. Nye teknologier for behandling av *Big Data* åpner dessuten for enda større muligheter (Cobuilder, 2018). Med

dette kan data settes sammen på en helt ny måte og dataanalyse kan rettes mot konkrete behov, noe som kan endre måten BA-bransjen prosjekterer, bygger og drifter på.

Byggenæringens landsforening (BNL) utarbeidet i 2017 et digitalt veikart som sikrer en samlet digitalisering av BAE-næringen, dette med mål å oppnå effektivisering av ressurser, bedre miljøvern og økt eksport av produkter og tjenester. En heldigitalisering skal sikre en konkurransedyktig og bærekraftig næring. I veikartet er digitale bygge- og anleggsplasser og digitale tvillinger sentralt. Blant de viktigste forutsetningene for å oppnå dette er standarder, digitale lover og regler (Cobuilder, 2018).

For å oppnå dette er dessuten åpenBIM et sentralt element. Dette er et standardisert og åpent format for utveksling av filer, som tilrettelegger for effektiv samhandling i prosjektet. Videre er det viktig med et felles mål for teknologibruk i prosjekter, og at bestillinger, leveranser og mottak skjer digitalt. Dessuten bør bygge- og anleggsplassene være tegningsfrie med bruk av digitale verktøy i produksjon, for eksempel ved å bruke BIM-kiosker. I tillegg er det viktig med kompetanseoverføring mellom junior og senior innenfor prosjektet, og at det framover tilrettelegges for bruk av digital tvilling. Noen nødvendige tiltak for å realisere dette er krav om å benytte industrielle metoder og verktøy, og at BIM benyttes i alle faser av prosjektet. BIM-modellen kan da berikes underveis og tilrettelegges for at det etableres en digital tvilling. Prosjekter bør dessuten organiseres slik at viktige aktører kan inkluderes tidlig i prosessen, og slik komme med viktige innspill. Alle materialkjøp bør dessuten digitaliseres ved å benytte åpne og felles standardiserte løsninger.

2.3 BA-prosjekt

Byggeprosessen omfatter alle prosesser som fører fram til eller er en forutsetning for det planlagte byggverket eller anlegget (Eikeland, 1998). Dette betyr at byggeprosessen som begrep dekker en rekke delprosesser av ulik karakter, som for eksempel planlegging, styring, anskaffelse, finansiering og produksjon. Disse kan deles i tre hoveddeler: administrative prosesser, kjerneprosesser og offentlige prosesser. Kjerneprosessene er direkte ledd i produktutviklingen og produksjonen av byggverk. De kan defineres som prosesser som har produksjon eller beskrivelse av byggverket som resultat. Eikeland (1998) viser til tre kjerneprosesser som alle byggeprosesser vil omfatte:

- Programmeringsprosessen – hvor det identifiseres krav som byggverket skal tilfredsstill
- Prosjekteringsprosessen – hvor byggverkets fysiske egenskaper utvikles, utformes og beskrives, og
- Produksjonsprosessen – som omfatter fysisk utførelse av byggverket

Det er en viss rekkefølge mellom kjerneprosessene, der prosjektering gjerne skjer før utførelse og programmering skjer før prosjektering. Det vil likevel være en betydelig overlapp i tid mellom prosessene. Ved samtidig prosjektering overlapper prosjekteringsprosessen i stor

grad med produksjonsprosessen, hovedsakelig for å spare tid (Eikeland, 1998). Eksempelvis kan grunnarbeid og råbygg utføres før prosjekteringen har fastlagt alle innredningsløsninger. Hvor mye av prosjektet som blir prosjektert før det blir gjennomført konkurranse for entreprenør avhenger av entrepriseform (Difi, 2013).

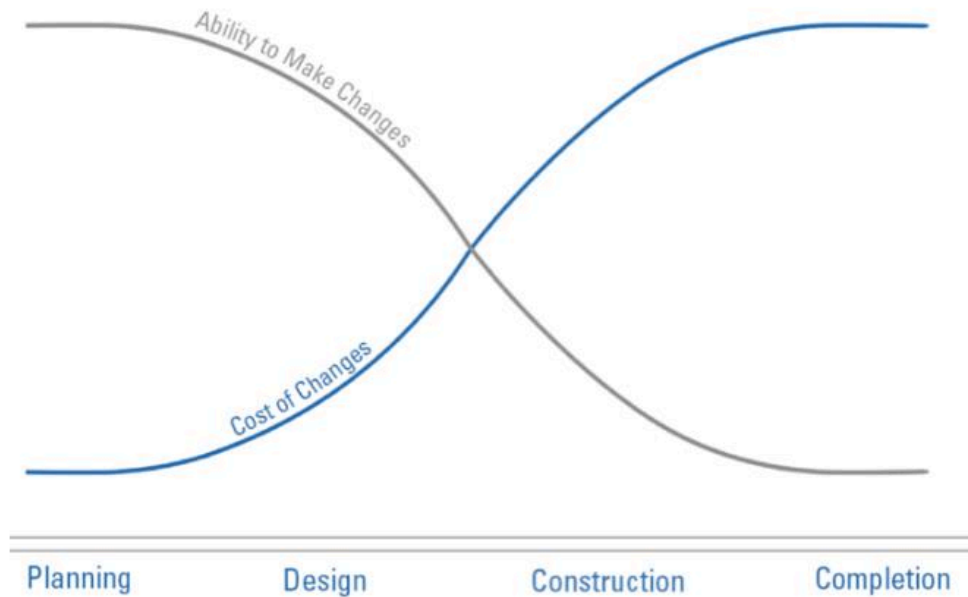
2.3.1 Faser i byggeprosessen

Byggeprosessen kan deles inn i ulike faser for å få en overordnet og helhetlig kontroll over prosjektet på kritiske stadier. Inndelingen kan fastlegges for hvert enkelt prosjekt, og fasene kan variere i både mengde og omfang. Eikeland (1998) beskriver fire generiske faser som vil finnes i alle BA-prosjekter:

- Konseptualisering
- Planlegging/prosjektering
- Gjennomføring
- Avslutning

Konseptualiseringsfasen starter gjerne ved at et behov oppstår i en organisasjon, etterfulgt av undersøkelser av ulike alternativer. Resultatet av fasen er en beslutning om å etablere et prosjekt. Fasen preges av en rekke spørsmål om prosjektets forutsetninger, formål og rammebetingelser (Eikeland, 1998). De idéene, utredningene, analysene og beslutningene som gjøres vil ha store konsekvenser for prosjektet videre, noe som kan gjøre dette til den viktigste og vanskeligste fasen.

I planleggings- eller prosjekteringsfasen settes rammene for prosjektet, både med hensyn til tid og budsjett. Prosjektet brytes ned i aktiviteter, og de fysiske løsningene som skal realiseres blir utviklet. I denne fasen legges grunnlaget for utførelsen av bygget (Difi, 2013). Resultatet av fasen vil være at den fysiske løsningen av prosjektet er definert (Eikeland, 1998). Alle BA-prosjekter må planlegges nøye før byggingen starter. Dette inkluderer å utvikle tegninger og modeller som beskriver prosjektet, i tillegg til å gjøre beregninger for å forsikre at det som bygges er trygt og innenfor gjeldende lover og forskrifter. Arbeidet med å beskrive, tegne, modellere og beregne kalles prosjektering (Entrepriserettsadvokater, 2018). Hooker (2015) påpeker i sin studie om endringer og kostnader i prosjekt at det er i denne fasen endringer kan gjøres med minst konsekvens for fremdrift og kostnad. Dette er illustrert i figur 4, som viser evne til å gjøre endringer mot kostnad av endringer i de ulike fasene (Hooker, 2015). Etter hvert som mer av prosjektet gjennomføres, øker konsekvensene for kostnadene og fremdriften, og muligheten for å gjøre endringer vil minke. Planleggingen i denne fasen må derfor utføres så detaljert som mulig (Hooker, 2015).



Figur 4: Evne til å gjøre endringer mot kostnad av endringer

I gjennomføringsfasen (eventuelt byggefasen) gjennomføres de planene og beslutningene som er truffet i tidligere faser. Sentrale aktiviteter inkluderer materiallogistikk, koordinering på bygge- eller anleggsplassen, produksjonsteknologi og oppfølging av plan (Eikeland, 1998).

I avslutningsfasen demobiliseres ressursene og prosjektorganisasjonen. Starten av fasen omfatter avslutning av byggeprosessen, mens avvikling av prosjektorganisasjonen, reklamasjoner og løsning av gjenværende tvister mellom partene kan løpe flere år inn i bruksfasen (Eikeland, 1998).

2.3.2 Aktører i BA-bransjen

En aktør kan være en person, en gruppe eller en virksomhet – alt etter hvilket detaljeringsnivå som velges (Eikeland, 1998). Aktørene tildeles roller og oppgaver, og bærer egne interesser, verdier, kompetanse og ressurser. Eikeland (1998) viser til noen sentrale roller som er å finne i alle BA-prosjekter:

- Prosjekteier
- Prosjekterende
- Prosjekteringsledelse
- Utførende

Prosjekteier

Prosjekteier (eventuelt byggherre, tiltakshaver eller oppdragsgiver) er den juridiske personen som har eieransvaret for og eierrettighetene til prosjektet, og som i utgangspunktet bærer

risikoen for prosjektets kostnader og bruksverdi. Dette er den sentrale oppdragsgiveren for utvikling og gjennomføring av prosjektet.

Byggherre og prosjekteier er to funksjoner som ofte ivaretas av samme aktør, men ikke alltid. Mens prosjekteier peker mot funksjonen å eie, peker byggherre mot funksjonen som oppdragsgiver for prosjektets aktører (Eikeland, 1998).

Prosjekterende

Utførelse av prosjekteringsarbeidet er en viktig funksjon som ivaretas av arkitekter og ingeniører med ulike faglige spesialiteter. Prosjekteringen har to primære formål:

1. Å utarbeide beslutningsgrunnlag i form av tegninger og beskrivelser for prosjekteier og bygningsmyndigheter
2. Å danne grunnlag for produksjonsprosessen – den fysiske utførelsen av prosjektet

Rollen som prosjekterende innebærer å utvikle og beskrive prosjektet som objekt, og dermed gi grunnlag for produksjonsprosessen. Prosjekteringsprosessen kombineres gjerne med rådgivning, som vil si at prosjekterende stiller sin kompetanse til oppdragsgivers rådighet (Eikeland, 1998), dette i form av råd om hva som er mulig og ønskelig, og hvilke konsekvenser ulike løsninger av prosjekteierens behov kan innebære.

Prosjekteringsledelse

Prosjekteringsledelse omfatter ledelse og samordning av de ulike fagene som utfører prosjekteringsarbeidet, både med hensyn til prosjekteringsløsninger og når det gjelder fremdriften av prosjekteringsprosessen. Tidligere har vanligvis arkitekten hatt rollen som prosjekteringsleder, men nå har det blitt vanligere at andre aktører, særlig byggingeniører, har rollen som prosjekteringsleder. Byggingeniørene antas å ha tilstrekkelig teknisk innsikt til å kunne ivareta koordineringen, samtidig som egne faglige interesser ikke er så tungtveiende som de interessentene og verdiene som arkitekter typisk har prioritert (Eikeland, 1998).

Utførende

Entreprenørrollen innebærer å påta seg et oppdrag som utførende med tilhørende ansvar for bestemte risikoforhold knyttet til utførelsen. Dette omfatter også de administrative funksjonene, herunder planlegging, organisering og ledelse, som knyttes til utførelsen av prosjektert arbeid. Dersom det benyttes underentreprenører, omfatter også entreprenørrollen administrative funksjoner for samordning med disse – i tillegg til ansvar og risiko forbundet med underentreprenørene, innkjøp og administrasjon av materialer og komponenter som inngår (Eikeland, 1998).

2.3.3 Tegningsbaserte og modellbaserte prosjekt

Metoden som brukes for å planlegge og bygge BA-prosjekter har endret seg mye etterhvert som ny teknologi har blitt tilgjengelig. De siste årene har det tradisjonelle, tegningsbaserte prosjektet i større grad blitt forsøkt erstattet med modellbaserte prosjekt.

Tegningsbasert prosjekt

I et tegningsbasert prosjekt er det et sett med tegninger som er sluttproduktet for prosjekterende. Dette inkluderer et gitt antall tegninger som trengs for at entreprenør skal kunne bygge prosjektet. I slike prosjekt er informasjonen ofte spredt på mange dokumentasjonstyper. En BIM-modell brukes gjerne som et støtteverktøy, mens tegningene danner grunnlaget for byggingen. Det kan være utfordrende å kvalitetssikre de forskjellige fagene opp mot hverandre, og sikre grensesnittene. Dette øker risikoen for at eventuelle feil ikke oppdages før i byggefasen, da det er mer kostbart å gjøre endringer.

Modellbasert prosjekt

I dag er modellbaserte prosjekt (særlig i veiprosjekter) i en overgangsfase mellom 3D-modeller og informasjonsmodeller. I 3D-modeller modelleres geometri som beskriver de ulike objektene, slik at de kan plasseres i terrenget. Dette samles i tverrfaglige modeller, så all informasjon er på et sted (Statens vegvesen, 2018). Dette gir en tydelig visualisering av det som skal bygges, både under og oppå bakken – og det er enkelt for alle involverte å undersøke grensesnittene. Visualiseringen gir også bedre kommunikasjon mellom beslutningstakere og publikum. Dessuten forenkles kvalitetskontrollen mellom de ulike fagene, i tillegg til at modell muliggjør maskinstyring og annen effektivisering av byggefasen (Statens vegvesen, 2018). Informasjonsmodeller er 3D-modeller der objektene inneholder ulik informasjon. Dette gjør det mulig å samle all informasjon i modellen (Statens vegvesen, 2018). Denne informasjonen kan blant annet brukes til å produsere tegninger og teknisk beskrivelse.

I et modellbasert prosjekt kan det også utarbeides tegninger dersom det er nødvendig. Da må det spesifiseres i kontrakten om det er tegningene eller modellen som skal danne grunnlaget for byggingen.

Ved modellbasert prosjektering kodes tilstrekkelig informasjon direkte i modellene, og det produseres et resultat. Slike resultat kan for eksempel være stikningsdata, tegninger og rapporter. Det finnes en rekke modeller som kan benyttes, som vist i tabell 3 (Multiconsult, 2017a). Modellene inneholder forskjellig informasjon og har derfor forskjellige formål. En tydelig fordel med modellbasert prosjektering er muligheten til å samle all informasjon fra de ulike fagmiljøene i en tverrfaglig modell. I en tverrfaglig gjennomgang kan da kollisjoner og konflikter mellom fagene avdekkes, og mulige løsninger kan utforskes på et tidligere stadium

enn ved tegningsbasert prosjektering. Modellbasert prosjektering er en forutsetning for den raske utviklingen innen digital samhandling i prosjekter. Stadig flere prosjekteiere og byggherrer, blant annet Nye Veier, Statens Vegvesen og BaneNor, krever i større grad modellbasert prosjektering.

Tabell 3: Ulike modeller i modellbasert prosjektering

Modell	Beskrivelse
Grunnlagsmodell	Består av eksisterende situasjon, for eksempel informasjon om eksisterende objekter, trafikale og administrative forhold
Fagmodell	Modellen som er brukt i fagverktøyet. Skal kun inneholde planlagte objekter
Utvekslingsmodell	Består av alle utvekslingsfilene fra grunnlags- og fagmodellen i et åpent eller standardisert format, og er ikke en egen modell
Tverrfaglig modell	Eventuelt samhandlingsmodell eller samordningsmodell. Kan enten baseres på fagmodell direkte eller på filer fra utvekslingsmodellen. Skal være «usminket», og det skal ikke tilføres ekstra informasjon
Presentasjonsmodell	Skal gi en realistisk beskrivelse av fremtidig situasjon basert på grunnlags- og fagmodeller eller tverrfaglig modell. Tilføres overflatestrukturer og objekter som på en realistisk måte viser vegetasjon, vann, bebyggelse, og eventuelt kjøretøy og mennesker
Stikningsmodell	Dersom det er aktuelt, kan det lages en stikningsmodell som er et utdrag fra fagmodellen av spesifikke stikningsdata
Innmålingsmodell	Beskriver det som blir målt inn fra bygge- eller anleggsplass. I de fleste tilfeller innmåles kun et utdrag eller det som endres fra fagmodell under utførelse. Dersom alt måles inn er modellen identisk med som-utført-modell
Som-utført-modell	Grunnlagsmodeller og fagmodeller som er oppdatert med endringer, inkludert innmålingsmodell utført i byggefasen

2.4 Kontroll og kvalitetssikring i BA-prosjekter

Ansvarlig prosjekterende og utførende i et prosjekt skal ha systemer for å sikre og dokumentere at krav i Plan- og bygningsloven og Byggesaksforskriften er oppfylt. Dette innebærer at alle foretak har instruksjoner med rutiner for hvordan det aktuelle arbeidet skal gjennomføres og kvalitetssikres for å bekrefte og dokumentere at myndighetskravene er ivaretatt (Holt, 2010). Videre skal ansvarlige foretak alltid utføre og dokumentere egenkontroll etter eget kvalitetssystem. Gjennomføringen av kontroll skal være uavhengig og helhetlig, og ivareta grenseflater mellom forskjellige fagområder (Byggesaksdel, 2008). Kontroll bør skje på et så tidlig tidspunkt som mulig, slik at eventuelle avvik kan rettes uten for store kostnader. Det skilles mellom intern og ekstern kontroll – som vist i tabell 4 (Berge, 2010).

I Plan- og bygningslovens forstand oppstår et avvik når det avdekkes manglende samsvar mellom regelverkets krav og resultater av prosjekteringsarbeid eller utført byggearbeid. Ansvarlig prosjekterende eller utførende har ansvar for å lukke eventuelle avvik som avdekkes. Dette kan skje ved å utbedre påpekt avvik ved omprosjektering eller ombygging. For prosjekterende kan avviket dessuten lukkes ved å verifisere at valgte løsninger og ytelser oppfyller regelverket (Direktoratet for byggkvalitet, 2013).

Tabell 4: Intern og ekstern kontroll

Kontrollform		Beskrivelse
Intern kontroll <i>Kontroll i foretakets regi som del av kvalitetssikringssystemene</i>	Egenkontroll	Kontroll av eget arbeid utført av den som utfører, eventuelt bidrar til, et arbeid
	Intern systematisk kontroll. Skiller mellom fagkontroll og tverrfaglig kontroll	Kontroll utført internt i det enkelte foretak etter faste, systematiske kontrollrutiner
	<i>Fagkontroll</i>	Utføres av kvalifisert personell som ikke har vært direkte involvert i arbeidet
	<i>Tverrfaglig kontroll</i>	Utføres av personell som er aktive i arbeidet som kontrolleres, mot grensesnitt til alle aktuelle aktører i prosjektet
Ekstern kontroll <i>Kontroll i byggherrens regi</i>	Eksternkontroll. Skiller mellom utvidet og uavhengig kontroll	Kontroll utført i det enkelte prosjekt i regi av byggherren
	<i>Utvidet kontroll</i>	Utføres av byggherrens eget fagpersonale eller med andre aktører/foretak som har tilstrekkelig avstand i forhold til arbeidet som kontrolleres
	<i>Uavhengig kontroll</i>	Utføres på et annet foretak når det foreligger kritiske områder og oppgaver, eller ved krav fra kommunen. Et virkemiddel som kommer i tillegg til kontroll og kvalitetssikring av egen produksjon. Kontrollerer utført kvalitetssikring eller resultater fra prosjektering og utførelse

2.4.1 Kontroll og kvalitetssikring i Multiconsult

I Multiconsult gjennomføres kontroll med formål å sikre at det leverte sluttproduktet oppfyller fastsatte krav fra myndigheten, kunden, Multiconsult og andre relevante aktører. Ved tilfredsstillende kontroll vil ansvarssaker unngås, samtidig som Multiconsult leverer høy kvalitet og kundene blir fornøyde. Kontroll vil dessuten være med på å utvikle medarbeiderne og kvalitetsstyringssystemet (Multiconsult, 2017b).

Multiconsult har utviklet prosedyrer for kontroll i oppdrag for å sikre at kontrollaktivitetene utføres og dokumenteres på en effektiv og enhetlig måte. Dette sikrer også at krav fra Plan- og bygningsloven og Byggesaksforskriften oppfylles. Alle dokumenter som sendes til kunder skal kontrolleres i henhold til denne. Prosedyren beskriver ulike typer kontroll som kan gjennomføres, i tillegg til når og hvordan disse skal utføres. Dette inkluderer beskrivelse av egenkontroll, sidemannskontroll og godkjenning, som skal gjennomføres for alle leveranser. Disse kontrollformene er beskrevet i tabell 5. I de tilfeller Multiconsult skal utføre uavhengig kontroll på et annet foretak, foregår dette etter egen prosedyre. Dette skal sikre at Multiconsult leverer et tilstrekkelig minimum av dokumentasjon til ansvarlig kontrollerende av prosjekteringen i henhold til Plan- og bygningsloven (Multiconsult, 2018c).

Egen- og sidemannskontroll skal utføres i henhold til relevante faglige eller generelle sjekklister, som er det mest brukte hjelpemiddelet for kontroll i Multiconsult. Sjekklistene brukes for å sikre at alle relevante krav til en leveranse er oppfylt, og for å dokumentere omfanget av kontrollen. De skal inneholde spørsmål om krav og produktegenskaper som skal tilfredsstilles ved leveransen (Multiconsult, 2017b). Oppdragsleder vurderer om standard sjekklister kan benyttes, eller om prosjektets størrelse og kompleksitet krever tilpassede eller nye sjekklister. For å sikre sporbarhet skal all utført kontroll dokumenteres fysisk eller elektronisk på sjekk-kopi av tegninger med kommentarer, type kontroll, signatur, disiplin og dato. Dette skal også dokumenteres i relevant sjekklister, som dateres og signeres.

Tabell 5: Kontroll som skal gjennomføres for alle leveranser i Multiconsult

Kontrollform	Beskrivelse
Egenkontroll	Kontroll av eget arbeid for å sikre at relevante og avtalte krav er oppfylt. Utføres av den som har produsert arbeidet
Sidemannskontroll	Kontroll av en annen person sitt arbeid for å sikre at relevante og avtalte krav er oppfylt. Utføres av en kvalifisert person som er utpekt av oppdragsleder eller disiplinleder
Godkjenning	En sluttkontroll som gjennomføres for å bekrefte at all planlagt kontroll er utført, dokumentert og arkivert på riktig måte. Ved dokumentert godkjenning frigis produktet for levering. Utføres av oppdragsleder, objektleder eller disiplinleder

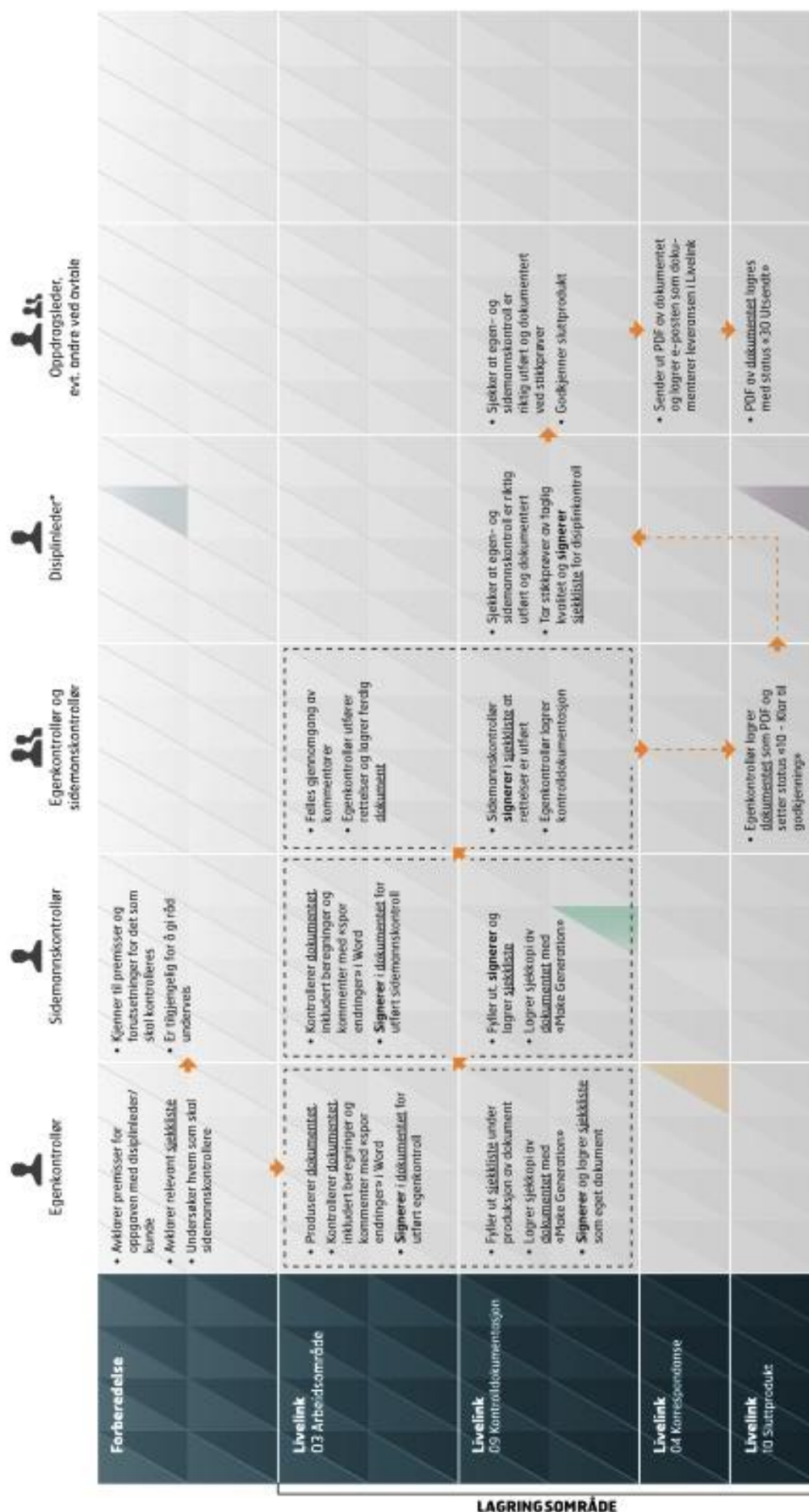
Tegningsbaserte prosjekt

I prosjekt som gjennomføres tegningsbasert utføres egenkontroll, sidemannskontroll og godkjenning enten utskriftsbasert eller elektronisk. Den største forskjellen er at ved elektronisk kontroll utarbeides det et dokument i stedet for en tegning. Flytskjemaene i figur 5 og figur 6 illustrerer hvordan kontroll skal foregå i Multiconsult, ved henholdsvis utskriftsbasert kontroll og elektronisk kontroll (Multiconsult, 2017b).

Ved kontroll benyttes det fargekoder for å markere områder som har blitt kontrollert, og områder som skal kontrolleres, i tillegg til om eventuelle endringer er implementert (Multiconsult, 2011). Dette sikrer enhetlighet og effektiv gjennomføring av kontrollen. Ved utskriftsbasert kontroll skannes utfylt kontrolldokumentasjon før det arkiveres. Elektronisk kontroll kan dokumenteres ved elektronisk signatur og dato, eller dokumentet kan skrives ut slik at det kontrolleres og arkiveres ved samme prosedyre som utskriftsbasert kontroll.



Figur 5: Flytskjema for utskriftsbasert kontroll av dokumenter



Figur 6: Flytskjema for elektronisk kontroll av dokumenter

Modellbaserte prosjekt

All samferdselsplanlegging i Multiconsult er vanligvis modellbasert, men detaljeringsnivået på modellene er avhengige av fase, krav fra kunde og beskrivelse i kontrakten. Det samme gjelder om sluttleveranse skal være dokument, tegning eller modell (Multiconsult, 2017a). Det er oppdragslederen sitt ansvar ved oppstart å avklare nivå på modellbasert prosjektering.









Digital dataflyt Samferdsel

For samferdselsoppdrag i Multiconsult benyttes håndboken *Digital dataflyt Samferdsel* (DDS). Dette er et hjelpemiddel som skal effektivisere, profesjonalisere og bidra til en enhetlig arbeidsmetodikk. Hensikten er at alle prosjekter utført av Multiconsult skal følge samme metodikk, uavhengig av kontor og fagmiljø (Multiconsult, 2017a).

I følge DDS skal det ved modellbasert prosjektering utføres kontroll og kvalitetssikring tilsvarende som ved tegningsbasert prosjektering. Dette innebærer dokumentert egenkontroll og sidemannskontroll, i tillegg til at oppdragsleder eller prosjekteringsleder skal godkjenne at det er utført i henhold til prosedyren (Multiconsult, 2017a). I tillegg skal tverrfaglig kontroll utføres i den tverrfaglige modellen. Da samler de ulike fagområdene sine fagmodeller i tverrfaglig modell, og det utføres kollisjonstest for å avdekke eventuelle konflikter mellom faggrensesnittene. Ved tverrfaglig gjennomgang skal det være utført egenkontroll og sidemannskontroll på de forskjellige fagmodellene. Dette dokumenteres inne i fagmodellene med lagrede visninger, i tillegg til at det ved behov kan opprettes rapport. Dokumentasjon fra tverrfaglig gjennomgang lagres i den tverrfaglige modellen (Multiconsult, 2017a).

Statussetting

På samme måte som ved utskriftsbasert kontroll, benyttes fargekode for å kommunisere ferdiggraden til de ulike objektene i BIM-modellen. Det totale objektet deles inn i mindre 3D-objekter, eller grupperinger av 3D-objekter, som kalles styringsobjekter. Fargekodene brukes for å statussette de ulike styringsobjektene, med hensikt å styre modenheten til objektene, i tillegg til detaljeringsgraden og utviklingsgraden. Fra DDS-håndboken benyttes 14 forskjellige farger til å beskrive statusen til styringsobjektene. Dette vurderes ut fra sjekklister med et sett kriterier (Multiconsult, 2017a). Et utdrag av status og tilhørende fargekode er vist i figur 7 (Multiconsult, 2017a).

Status		Definisjon		
S0	S0.0	Identifisert behov Styringsobjektet er kun identifisert som mulig geometri og plassering i modell.		Grå
S1		Foreløpig informasjon Styringsobjektet er definert med foreløpig plassering og geometri. Styringsobjektet er kontrollert i egen disiplin.		rød
	S1.1	En-faglig prosjektering		Rød
	S1.2	Tverrfaglig prosjektering		Branngul
	S1.3	Ferdigstillelse (En-faglig kvalitetssikring pågår)		Oransje
S2	S2.0	Klart til tverrfaglig kontroll Styringsobjektet har frosset grunnlagsinformasjon, har riktig plassering og maksimale ytre grenser for geometri er definert. Styringsobjektet er kontrollert i egen disiplin og er klart for tverrfaglig kontroll.		Gul
S3		Frys Kommentarer fra tverrfaglig kontroll er implementert. Styringsobjektet har endelig form og plassering. Grensesnitt mot andre styringsobjekter og disipliner er frosset. Styringsobjektet fryses og blir premissgivende i videre prosess. Detaljering mot S4 og S5 skal ikke påvirke andre disipliner og objekter.		Blå
	S3.1	Frys i prosjekteringsgruppen		Lyseblå
	S3.2	Kundeverifisert		Blå
	S3.3	Myndighetsverifisert		Mørkeblå

Figur 7: Fargekoder ved modellbasert prosjektering

2.5 Risiko

Risiko kan beskrives som den faren en uønsket hendelse representerer for mennesker, miljø og økonomiske verdier (Aven, 2006). Konsekvensene av en slik hendelse kan være tap av liv, miljø og økonomiske verdier. Det er vanskelig å uttrykke risiko i tallmessige tap med en felles målestokk ved beregning av ulike typer uønskede hendelser. Risiko deles derfor vanligvis inn i ulike kategorier av konsekvenser. Under disse kategoriene kan risikoen uttrykkes kvantitativt ved å se på sannsynligheten for uønskede hendelser og tilhørende konsekvenser. Videre kan også det statistisk forventede tapet regnes ut. Dette gjør det enklere å sammenligne risiko, men vil ikke gi et fullstendig bilde av risikoen knyttet til handlingen (Aven, 2006).

2.5.1 Risiko i BA-bransjen

Fra Plan- og bygningsloven framkommer krav om at det ved utarbeidelse av planer for utbygging skal gjennomføres en risiko- og sårbarhetsanalyse. Analysen skal vise alle risiko- og sårbarhetsforhold som har betydning for om arealet er egnet til utbyggingsformålet (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2009). Dette gjøres blant annet for å forebygge risiko for skade og tap av liv, helse, miljø, viktig infrastruktur og materielle verdier.

I et BA-prosjekt kan risikoforhold knyttes til flere områder, blant annet risikofaktorer knyttet til skade eller feil på strukturen, tap av liv, kostnad eller tidsbruk (Zou et al., 2015).

Risikoforholdene kan deles inn etter hvilke deler av prosjektet de påvirker:

- Risikoforhold relatert til nytt bygg/infrastruktur
- Risikoforhold knyttet til anleggsgjennomføringen (også kalt SHA – sikkerhet, helse, miljø)
- Risikoforhold knyttet til tid, kostnad, kvalitet, og lignende (også kalt projektrisiko)

Overgangen fra tegningsbaserte til modellbaserte prosjekt påvirker risikoforholdene i prosjektet i stor grad. Det vil særlig påvirke projektrisikoen, det vil si risikoforhold knyttet til kostnad, tidsbruk og kvalitet på produktet.

Projektrisiko

Projektrisiko kan beskrives som en usikker hendelse som vil ha en positiv konsekvens (en mulighet) eller en negativ konsekvens (en trussel) for prosjektet dersom den finner sted (Project Management Institute, 2013). Hendelsen kan ha konsekvenser for omfanget, fremdriften, kostnaden og kvaliteten på prosjektet, og den kan ha én eller flere årsaker. Projektrisiko kommer av usikkerheten som finnes i alle prosjekter. Dette kan være en kjent risiko som håndteres gjennom risikostyring, eller det kan være en ukjent risiko som det ikke er mulig å håndtere på forhånd (Project Management Institute, 2013).

Risikostyring

Risikostyring er et viktig ledelsesverktøy i en virksomhet, både når det gjelder omdømme, miljø, sikkerhet og kundetilfredshet. Tradisjonell risikostyring kan implementeres i BA-bransjen, men dette er fremdeles i stor grad en manuell oppgave som avhenger av erfaring. Avgjørelser tas ofte på grunnlag av kunnskap og intuisjon basert på erfaring (Zou, Kiviniemi & Jones, 2017). BA-prosjekt er unike, og alle prosjekt vil ha ulike risikofaktorer og utfordringer. I bransjen identifiseres gjerne risiko likevel ved tidligere undersøkelser, intuisjon, egen dømmekraft og erfaring (Chien, Wu & Huang, 2014).

For å øke sannsynligheten og konsekvensen av positive hendelser, og minimere sannsynligheten og konsekvensen av negative hendelser, utføres risikostyring i prosjekt (Project Management Institute, 2013). I et prosjekt vil risikostyring hovedsakelig inkludere det følgende:

1. Planlegging av risikostyring
2. Identifikasjon av risiko
3. Risikoanalyse (kvalitativ og kvantitativ)
4. Responsplanlegging av risiko
5. Risikokontroll

Ved planlegging av risikostyring i et prosjekt defineres risikoaktiviteter som skal utføres, i tillegg til hvordan disse skal gjennomføres (Project Management Institute, 2013). Dette for å forsikre at mengde og type aktivitet som gjennomføres er i henhold til mengden risiko og prosjektets posisjon for selskapet. Risiko identifiseres ved å undersøke risikofaktorer som kan påvirke prosjektet, og karakterisere disse. Dokumentasjon av eksisterende risikofaktorer gjør det mulig for prosjektteamet å bedre forutse og håndtere konsekvensene dersom hendelsen skulle finne sted (Project Management Institute, 2013). Dette kan blant annet gjøres ved sjekklister.

En risikoanalyse er den systematiske analysen av risikoen forbundet med en aktivitet, for eksempel et prosjekt. Analysen kan være både kvalitativ og kvantitativ. De kvalitative analysene utføres for å prioritere risikofaktorene som behøver dypere analyse ved å vurdere sannsynlighet og konsekvens. Slik kan prosjektlederen fokusere på de viktigste risikofaktorene, og redusere usikkerheten i prosjektet. De kvantitative analysene er numeriske analyser av påvirkningen de identifiserte risikofaktorene vil ha på prosjektet. Dette gir mengdeinformasjon som kan brukes til å underbygge avgjørelser for å redusere usikkerhet i prosjektet (Project Management Institute, 2013).

Ved responsplanlegging av risiko utvikles alternative aktiviteter som kan gjennomføres for å redusere truslene i prosjektet. Risikofaktorene kan da håndteres etter prioritert rekkefølge, og ressurser for risikohåndtering prioriteres i budsjett og framdriftsplan (Project Management Institute, 2013).

Risikokontroll inkluderer implementering av risikoresponsplan, oppfølging av identifiserte risikofaktorer, identifikasjon av nye risikofaktorer, og evaluering av effektiviteten til risikoprosessen gjennom hele prosjektet (Project Management Institute, 2013). Dette gjøres for å forbedre effektiviteten til risikotilnærmingen gjennom livsløpet til prosjektet, og skal optimalisere risikohåndteringen.

2.5.2 BIM til risikostyring

De senere årene har bransjen vist en økt interesse for å bruke BIM-modellen til håndtering og styring av risiko. Dette kommer hovedsakelig av fordelene teknologien gir, og at det bidrar til bedre samarbeid og kommunikasjon i prosjektet. Dessuten har flere store selskaper innført krav om at all prosjektering skal skje i BIM.

Ved overlevering av prosjekt fra for eksempel prosjekterende til entreprenør kan informasjon om risiko gå tapt. For å unngå dette må all risikostyring dokumenteres og kommuniseres med andre prosjektdeltakere. Bruk av BIM i prosjektet kan bidra til å forbedre kommunikasjonen mellom ulike bidragsyttere, og kan være et nyttig verktøy for å overføre risikokunnskap gjennom hele livsløpet. Kommunikasjon og samarbeid er avgjørende for vellykket risikostyring, og kan dessuten redusere misforståelser. Med 3D-visualisering kan BIM-modellen være et godt verktøy for identifisering og vurdering av risikofaktorer tidlig i prosjektet. Det vil være enklere å oppdage feil og vurdere funksjonaliteten av et design med en informasjonsrik BIM-modell (Zou et al., 2015). Da kan modellen brukes til å håndtere risiko gjennom hele livsløpet til prosjektet. I en studie utført av Zou et al. (2015) ble det likevel observert at det, til tross for flere initiativer for å fremme BIM som risikoverktøy, fremdeles er en lang vei å gå før dette kan utnyttes i praksis.

Prosjekter i BA-bransjen har de siste årene økt i størrelse og kompleksitet, noe som også øker risikoen. Bruk av BIM kan påvirke risikostyringen i slike prosjekt, hovedsakelig ved å redusere truslene og utnytte mulighetene (Tomek & Matějka, 2014). Det kan likevel også føre med seg nye utfordringer og risikofaktorer som må håndteres annerledes enn ved tradisjonelle, tegningsbaserte prosjekt. Risikostyring kan derfor være mer omfattende og avgjørende med BIM, men dersom det brukes riktig kan det være et verktøy som gjør risikostyring enklere (Chien et al., 2014).

3 Metode

I dette kapittelet presenteres metoden som er brukt i oppgaven. Her beskrives framgangsmåte for innsamling og analyse av data som danner grunnlaget for resultatet. Kapittelet avsluttes med en vurdering av kvaliteten av den utførte studien. Utformingen som blir brukt er basert på prinsipper og strategier hentet fra Yin (2014).

I denne oppgaven benyttes en casestudie, der et veiprosjekt studeres. Multiconsult er prosjekterende i prosjektet, mens Statens vegvesen er oppdragsgiver/byggherre. Med intervjuobjekter fra både Multiconsult og Statens vegvesen ble problemstillingen belyst med ulike perspektiver. Som følge av at prosjektet var innen samferdsel, besvares problemstillingen i stor grad med anleggsbransjen som utgangspunkt.

3.1 Kvalitativ metode

Dataene som ble samlet inn i denne oppgaven er hovedsakelig kvalitative, basert på mange opplysninger om få undersøkelsesenheter. Dette innebærer at forskernes forståelse eller tolkning av informasjonen danner grunnlaget, i motsetning til ved kvantitativ metode der data omformes til tall eller mengdestørrelser som videre brukes som grunnlag til statistiske analyser (Holme, 1996).

I denne oppgaven foregikk datainnsamlingen under betingelser som ligger nær den virkeligheten som ønskes undersøkt, i tillegg til at innsamlet data fra casestudien ble framstilt og forstått i forhold til relevant teori (Holme, 1996). Med disse karakteristikkenes ansees kvalitativ metode som mest hensiktsmessig for denne oppgaven, da dette gir data som er unike og avhengig av konteksten.

3.2 Gjennomgang av litteratur

For å kunne koble innsamlet data til relevant litteratur er det viktig å ha kunnskap om all teori som kan være aktuelt for studien. Ved oppstart ble relevant litteratur gjennomgått for å undersøke temaer som er vesentlige for å utføre casestudien og svare på problemstillingen. Dette ble gjort for å oppnå god kunnskap om de aktuelle temaene, og danne et godt grunnlag før intervju og casestudie. De temaene som ble undersøkt ble bestemt etter det som ansees som relevant informasjon for å svare på problemstillingen. Aktuelle temaer inkluderer:

- Digitalisering
- Digitalisering knyttet til BA-bransjen
- Risikostyring
- Kontroll og kvalitetssikring

- Multiconsult Norge ASA sine rutiner og gjennomføringsmodeller

Informasjonen ble hovedsakelig hentet fra bøker, artikler og foredrag, funnet gjennom pålitelige søkemotorer. De søkemotorene som ble benyttet er listet i tabell 6. I tillegg ble relevante bransjesider og Multiconsult sitt eget intranett brukt for å hente informasjon direkte fra bransjen. Med utgangspunkt i den tilgjengelige litteraturen ble relevante artikler eller bøker valgt basert på tittel og sammendrag. Basert på innledning og konklusjon ble de mest relevante av disse studert nøyere, og brukt for å opparbeide bedre kunnskap om temaet. Dette danner grunnlaget for rammeverket og teorien som presenteres i kapittel 2.

Tabell 6: Oversikt over søkemotorer

Søkemotor	Beskrivelse
Oria	Universitetsbiblioteket i Stavanger sin søkemotor. Kan brukes til å søke i alle typer dokumenter og databaser, og få tilgang på både elektroniske kilder eller informasjon om bøker som er tilgjengelig på biblioteket
Google Scholar	Google sin søkemotor. Inneholder artikler, bøker, rapporter, avhandlinger, konferansepapirer og anmeldelser utført av akademiske fagfolk. Dekker de fleste fagområder, og har tilgang til åpne arkiver ved universiteter i hele verden. Har mest innhold av nyere dato

3.3 Casestudie

Digitalisering er en prosess som er i stadig endring, og casestudie er en god metode for å undersøke en slik pågående prosess. Yin (2014) viser til at en casestudie bør gjennomføres dersom et «hvordan» eller «hvorfor» stilles til en pågående situasjon som forskerne har lite eller ingen kontroll over. Som følge av at problemstillingen oppfyller disse kravene ble det vurdert som passende å benytte en casestudie i denne oppgaven.

En casestudie fokuserer på forståelse av dynamikken i en situasjon, og tillater forskerne å fokusere på en case og samtidig beholde et helhetlig og virkelighetsnært perspektiv. Yin (2014) definerer casestudie i to deler, der den første delen forklarer omfanget:

«En casestudie er empirisk forskning som ser på et moderne fenomen i dybden og i en reell kontekst, særlig når grensesnittet mellom fenomen og kontekst ikke er klart definert.» (Yin, 2014, s. 16), (oversatt fra engelsk)

Den andre delen av definisjonen oppstår som følge av at det i virkeligheten ikke alltid er et tydelig skille mellom fenomen og kontekst, og tar for seg egenskapene til casestudien:

«En casestudie håndterer tekniske situasjoner med mange interessevariabler i forhold til datapunkter, og er avhengig av flere informasjonskilder med konvergerende data, i

tillegg til at det drar nytte av tidligere utvikling av teoretiske framgangsmåter til innsamling og analyse av data.» (Yin, 2014, s. 17), (oversatt fra engelsk)

I en casestudie kan det benyttes en eller flere caser. I denne oppgaven ble det benyttet én case, der et veiprosjekt ble undersøkt. Med et stort omfang, ansees prosjektet som tilstrekkelig til å besvare problemstillingen. Dessuten oppnås en dypere forståelse og et bredere perspektiv ved å inkludere intervjuobjekter fra Statens vegvesen i tillegg til intervjuobjektene fra Multiconsult.

Prosjektet ble valgt basert på utvalgsriterier, som hovedsakelig var at prosjektet skulle være digitalisert, gjerne også tegningsløst. Dette ble ansett som nødvendig for å oppnå tilstrekkelig innsikt i digitaliseringen i bransjen – i tillegg til fordeler og ulemper forbundet med dette. Det var dessuten ønskelig å intervju personer med ulike stillinger og arbeidsoppgaver innad i prosjektet for å få forskjellige synsvinkler. Dette kan også underbygge de forskjellige meningene og ytringene som kommer fram i intervjuene. Med høy grad av digitalisering, særlig sammenlignet med andre prosjekter innen samferdsel, ble et delprosjekt innen Bussveien-prosjektet i Rogaland valgt. Bussveien-prosjektet er et tiltak for å øke kollektivandelen i regionen, og vil ved ferdigstillelse være Europas lengste bussvei. Prosjektet skulle i utgangspunktet også være tegningsløst, noe som viste seg å være utfordrende. Det ble derfor også interessant å undersøke barrierer i bransjen som gjør digitalisering og tegningsløse prosjekt utfordrende. For å best mulig besvare forskningsspørsmålene, ble prosjekt med høy grad av digitalisering valgt som analyseenhet.

I løpet av en casestudie dannes et helhetlig bilde av en reell situasjon. Det finnes flere måter å skaffe den nødvendige informasjonen for å undersøke en case, der noen av de vanligste inkluderer dokumentstudier, arkivdokumenter, direkte og deltagende observasjoner, i tillegg til fysiske objekter (Yin, 2014). I denne oppgaven ble casestudien hovedsakelig utført ved hjelp av intervju og dokumentanalyse.

3.3.1 Intervju

Intervju er en av de viktigste kildene til informasjon i en casestudie, og utføres ofte i form av dybdeintervju, kortere intervju eller spørreundersøkelser (Yin, 2014). Denne studien inkluderte kun en case, som gjorde det lite praktisk å gjennomføre spørreundersøkelser. Det ble i stedet fokusert på intervju av nøkkelpersoner i prosjektet – både fra Multiconsult og Statens vegvesen. Dette med hensikt å skaffe informasjon om deres meninger og tolkninger av situasjonen i prosjektet.

Det ble totalt gjennomført sju intervjuer, der ett av intervjuene inkluderte to intervjuobjekter. Fem av de totalt åtte intervjuobjektene var ansatte fra Multiconsult, mens de resterende tre representerte Statens vegvesen. Intervjuobjektene ble behandlet anonymt, og blir videre i oppgaven henvendt til etter stilling i prosjektet og respektive selskap. Intervjuene ble

3 METODE

gjennomført ved personlige møter i lokalene der intervjuobjektene arbeidet. Intervjuene varte rundt en time, og fokuserte på det relevante temaet. Videre ble intervjuene utført på norsk, og tatt opp på lydopptak før de ble transkribert.

Intervjuene var semistrukturerte, der en intervjuguide utarbeidet på forhånd ble brukt som grunnlag. Denne ble tilpasset de ulike intervjuobjektene etter deres rolle i prosjektet. En generell versjon av intervjuguiden er presentert i Vedlegg A. Intervjuguiden ble brukt for å sikre at relevant tematikk ble diskutert under intervjuene, og for å kunne sammenligne informasjonen fra de ulike intervjuobjektene. Samtidig hadde intervjuobjektene gode muligheter til å legge fram egne meninger og tolkninger, med frihet til å uttrykke synspunkter utenfor malen. I tillegg hadde intervjuerne slik anledning til å stille oppfølgingsspørsmål der det ble ansett som relevant. Gjennom intervjuprosessen ble det dessuten fokusert på objektivitet, slik at intervjuobjektet ikke ble påvirket av intervjuerne. Tabell 7 viser en oversikt over de utførte intervjuene.

Ved utførelse av intervju må noen feilkilder ofte regnes med. Selv om objektivitet ble forsøkt opprettholdt ved å bruke åpne, ikke-ledende spørsmål, kan intervjuerne likevel ubevisst ha påvirket intervjuobjektene. Ved gjennomgang og analyse av intervjuene kan dessuten holdninger og meninger hos forskerne ha påvirket tolkningen. Av intervjuene framkom det i noen tilfeller varierende kunnskap blant intervjuobjektene – der noen gjerne hadde mye å si om en viss tematikk, og veldig lite å si om noe annet. Innsamlet data fra de forskjellige intervjuene varierte derfor noe i innhold. Dette er synlig i tabell 7 ved stor variasjon i varigheten på de ulike intervjuene. Intervjuobjektene ble behandlet anonymt, hovedsakelig for å sikre ærlige meninger og reelle tolkninger av situasjonen. Prosjektet som studeres i casestudien er derimot ikke anonymisert, og det eksisterer mye offentlig informasjon om prosjektet. Det er derfor mulig, særlig for andre involverte i prosjektet, å finne identiteten til intervjuobjektene, kun basert på deres stilling i prosjektet. Til tross for at intervjuobjektene var anonyme, kan det derfor ha oppstått situasjoner der de ikke nødvendigvis var helt ærlige. Dette gjelder særlig ytringer om andre prosjektdeltakere og aktører i prosjektet, der enkelte prestasjoner og situasjoner kan ha blitt beskrevet i et bedre lys enn det som er realiteten.

Tabell 7: Oversikt over utførte intervju

Selskap	Stilling	Dato	Varighet [min]
Multiconsult	Fagansvarlig Veg (Modellansvarlig)	08.03.19	52.17
Multiconsult	Fagansvarlig Konstruksjoner	08.03.19	46.53
Multiconsult	Fagansvarlig Kommunalteknikk	20.03.19	80.19
	Fagansvarlig VA		
Multiconsult	Oppdragsleder	22.03.19	34.50
Statens vegvesen	3D-ansvarlig	13.03.19	82.25
Statens vegvesen	Konstruksjonsansvarlig	13.03.19	28.01
Statens vegvesen	Byggeleder	20.03.19	28.10

3.3.2 Dokumentanalyse

Med intervju som primærkilde til innsamling av data og informasjon, ble tilgjengelige dokumenter benyttet som sekundærkilde. Dette for å bekrefte og forsterke informasjon fra intervjuene, og for å gi spesifikke detaljer for å underbygge dette. Dokumentene ble dessuten brukt for å supplere der noe ikke ble tilstrekkelig dekket i intervjuene. Slike dokumenter er gjerne stabile, spesifikke og dekker et bredt tema. De kan likevel være preget av en partisk forfatter, eller være utdaterte.

Dokumentene som ble analysert var hovedsakelig interne dokumenter fra Multiconsult. Disse omhandlet i stor grad informasjon om Multiconsult sine rutiner og gjennomføringsmodeller i både tegningsbaserte og modellbaserte prosjekt. Som følge av at dokumentene ikke nødvendigvis var objektive, ble informasjonen nøye vurdert i sammenheng med hvem som skrev de og det tenkte bruksområdet.

3.3.3 Dataanalyse

For å analysere innsamlet data ble hovedsakelig mønstergjenkjenning brukt. Dette innebærer en sammenligning av data for å finne sammenheng mellom teoretisk mønster og observert empirisk mønster (Sinkovics, 2018).

Analyseprosessen besto av flere steg. Først ble relevant tematikk identifisert, både i forhold til gjennomgangen av relevant litteratur og det som kom fram i intervjuene. De transkriberte intervjuene ble videre gjennomgått og analysert ved mønstergjenkjenning. Intervjuene ble fordelt mellom de to forskerne, som hver for seg gikk gjennom og analyserte intervjuene. Dette for å sikre at meninger og holdninger hos forskerne ikke skulle prege tolkningen, og for

å sikre triangulering, som anbefalt av Yin (2014). Innsamlet data ble så systematisert og gruppert for å få en oversikt over tematikken. Dette ble gjennomgått på nytt, for å utelukke tematikk som ikke ble ansett som relevant eller interessant for å besvare problemstillingen. Basert på analysert data ble en oversikt over funnene beskrevet som presentert i kapittel 4. Til slutt ble resultatet analysert og diskutert som presentert i kapittel 5. Her sammenlignes funnene med utgangspunkt i den relevante tematikken og teorien, og satt i sammenheng med barrierer for digitalisering i BA-bransjen.

3.4 Begrensninger ved metoden

Forskningen presentert i denne oppgaven må sees i lys av begrensningene ved metoden som ble benyttet. Yin (2014) viser til fire tester som er mye brukt for å bestemme kvaliteten av en empirisk undersøkelse: begrepsvaliditet, indre validitet, ytre validitet og pålitelighet.

3.4.1 Begrepsvaliditet

Validitet, eller gyldighet, vil si at metoden måler det fenomenet og de tilhørende egenskaper som de er tenkt til å måle. Begrepsvaliditeten handler om å identifisere riktige operasjonelle målinger for konseptet som undersøkes, og angir i hvilken grad den operasjonelle definisjonen stemmer med de teoretiske begrepene som benyttes (Yin, 2014).

En kritisk faktor når det benyttes semistrukturerte intervju er at intervjuobjektet og intervjuerne har samme forståelse av konseptet. Intervjuerne må dessuten tolke svarene til intervjuobjektet korrekt. Yin (2014) viser til tre tiltak for å øke begrepsvaliditeten når det utføres en casestudie:

1. Benytt flere kilder for å underbygge og bekrefte informasjon (triangulering)
2. Etabler beviskjede, det vil si nøye beskrivelse av prosessen for innsamling og analyse av data
3. La nøkkelpersoner se over sammendrag av intervju for å forsikre at tolkningen er korrekt

For å opprettholde begrepsvaliditeten i denne oppgaven, ble alle kilder undersøkt og vurdert nøye. Dessuten ble informasjon om det samme temaet hentet fra flere kilder for å underbygge og sikre at informasjonen var korrekt. Der det fremdeles var usikkerhet, ble nøkkelpersoner i Multiconsult forhørt for å få utfyllende informasjon. Alle kilder ble nøye dokumentert, og kan enkelt finnes tilbake til.

For å sikre validitet ved utførelse av intervju, ble disse tatt opp på lydfil og transkribert. Alle intervjuene ble gjennomført på norsk, noe som reduserer muligheten for misforståelser og feil ved oversettelse. Likevel kan noe av betydningen forsvinne ved transkriberingen, samtidig som noe kan tolkes annerledes skriftlig uten intervjuobjektets kroppsspråk.

3.4.2 Indre validitet

Indre validitet forsøker å etablere en årsakssammenheng, der det antas at enkelte forhold fører til andre forhold. Denne typen gyldighet er kun gjeldende for forklarende studier, og ikke for denne type studie som er beskrivende og utforskende (Yin, 2014). I følge Yin (2014) er triangulering og intervjuvalidering de mest effektive måtene å sikre indre validitet.

3.4.3 Ytre validitet

Ytre validitet definerer det domenet der funnene i en studie kan generaliseres til andre personer, situasjoner og betingelser (Yin, 2014). Med casestudie vil denne problematikken relatere direkte til analytisk generalisering. Som følge av at casestudien kun benytter et lite utvalg og funnene er svært spesifikke, kan ytre validitet være utfordrende å oppnå innen kvalitativ forskning.

Som følge av at forskningsspørsmålene i denne oppgaven er rettet mot Multiconsult, vil også funnene og resultatene være spesifikke for Multiconsult. Disse kan ikke generaliseres til alle organisasjoner. De kan likevel være overførbare til andre tilsvarende organisasjoner. Dette gjelder særlig andre konsultentselskap innen BA-bransjen som tilbyr prosjektering, men også andre aktører og bedrifter som befinner seg i en overgang fra tegningsbaserte til modellbaserte prosjekt.

3.4.4 Pålitelighet

Påliteligheten viser at det operasjonelle ved en studie, for eksempel innsamlingen av data, kan gjentas med det samme resultatet. Målet med pålitelighet er å minimere feiltakelser og ensidighet (Yin, 2014). I en kvalitativ studie sikres pålitelighet ved transparent beskrivelse av prosessen, slik at de slutninger som er tatt er enkle å forstå. Dette kriteriet kan likevel være vanskelig å møte, da både fenomenet som studeres og forskeren endres.

I denne oppgaven ble påliteligheten forsøkt opprettholdt ved å sikre en grundig beviskjede, i tillegg til en nøye beskrivelse av prosessen for innsamling av data og dokumentasjon. Dette inkluderer henvisning til alle benyttede kilder, transkripsjon av intervjuer, relevante dokumenter og figurer.

Kombinasjon av semistrukturerte intervju og transkripsjon øker også påliteligheten. Som følge av at det ble benyttet en intervjuguide, som inkluderte et sett med spørsmål innen relevant tematikk, kan intervjuene gjennomføres på nytt med noenlunde like resultat. Under intervjuene stilte intervjuerne oppfølgingsspørsmål der det var relevant, i tillegg til at intervjuobjektene hadde frihet til å gå utenfor malen der det falt naturlig. Det vil derfor være

3 METODE

utfordrende å gjenta intervjuene med identisk resultat. Som følge av at alle intervjuene ble transkribert, kan likevel alle spørsmål og svar finnes tilbake til.

Påliteligheten ved denne studien kan ha blitt preget av at oppgaven ble skrevet i samarbeid med Multiconsult, og at Multiconsult hadde en viss egeninteresse for studien. Som følge av at Multiconsult hadde spesifikke utfordringer de ønsket undersøkt, kan dette ha lagt føringer som styrte studien i en spesifikk retning. Prosjektet ble også undersøkt fra Multiconsult sin synsvinkel, og de fleste intervjuobjektene representerte Multiconsult. Innsamlet data og funn fra intervju kan derfor være preget av å være sett fra Multiconsult sitt perspektiv. Dette kan også ha gjort det utfordrende for forskerne å opprettholde objektivitet ved analyse og tolkning av innsamlet data, og det kan ha oppstått situasjoner der forskerne ikke var tilstrekkelig kritiske. For å redusere denne ensidigheten, ble intervjuobjekter fra Statens vegvesen inkludert. Innsamlet data og funn sikret slik også informasjon fra oppdragsgiver/byggherre sitt perspektiv, som kan bidra til å generalisere funnene og øke påliteligheten ved studien.

4 Resultat

I dette kapittelet presenteres prosjektet som ble undersøkt i casestudien, og de empiriske funnene fra studien.

4.1 Casestudie: Bussveien Gausel – Forussletta, delstrekning Gausel stasjon – Hans og Grete stien

Bussveien er et av de største samferdselsprosjektene i Rogaland, og blir ved ferdigstilling Europas lengste bussvei. Prosjektet består av 26 strekninger på totalt 50 km, og skal åpnes i 2021 (Multiconsult, 2018b). Rogaland fylkeskommune er prosjekteier for Bussveien, mens Statens vegvesen er oppdragsgiver/byggherre – noe som vil si at de planlegger og bygger de ulike strekningene. På strekningene skal det bygges egne felt for busser, og de skal prioriteres i veikryss. Når hele bussveien åpnes, vil bussene kunne kjøre uten å bli hindret av bilkø – som illustrert i figur 8 (Statens vegvesen, 2017b). Bussveien er et ledd i regionens satsing på tilrettelegging for å øke kollektivandelen og redusere bruk av privatbil (Statens vegvesen, 2015).



Figur 8: Illustrasjon av Bussveien, delstrekning fv. Gausel stasjon – Hans og Grete stien

4 RESULTAT

En av strekningene i Bussveien-prosjektet er fv. 44 fra Gausel stasjon i Stavanger til Hans og Grete stien i Sandnes. Statens vegvesen har kontrakten med utarbeidelse av byggeplan på strekningen, og Multiconsult har inngått fast pris-kontrakt på prosjektet. Multiconsult er da prosjekterende i prosjektet, som omfatter rådgivning, planlegging og prosjektering. I tillegg skal de bistå med utarbeidelse av byggeplan med konkurransegrunnlag og følge opp byggefasen. Prosjekteringen skal være modellbasert. Dette er den femte kontrakten Multiconsult tildeles i forbindelse med etablering av bussvei på Nord-Jæren (Multiconsult, 2018b).

Trafikken på fv. 44 er stor, med betydelig redusert fremkommelighet i rushtidene. Dagens kollektivsystem på strekningen er i liten grad konkurransedyktig, både med hensyn til reisetid og pålitelighet. Formålet med prosjektet er å bedre fremkommeligheten for kollektivtrafikk og myke trafikanter. Det skal bygges midtstilte kollektivfelt, i tillegg til sykkelfelt og brede fortau i begge retninger. Strekningen er dessuten tenkt som trasé for fremtidig bybane, og planen er tilpasset tekniske krav til bybanen (Statens vegvesen, 2015).

Prosjektets resultatmål er følgende (Multiconsult, 2018a):

- Løsningen skal utformes trafikksikkert og universelt, og med god teknisk kvalitet og levetid
- Utforme knutepunkt og holdeplasser slik at overgang mellom ulike transportmiddel blir mest mulig effektiv
- Løsninger med gode urbane kvaliteter
- Begrense barriereeffekten
- Tilpasse konstruksjoner og vegetasjon til bebyggelsen
- Høy kvalitet på materialbruk, utstyr og møblering
- Tverrfaglig kvalitetssikret 3D-prosjektmodell som skal legges til grunn for bygging

Modellbasert prosjekt

Prosjektet skal gjennomføres modellbasert. Dette innebærer at prosjekterende skal etablere og utvikle en grunnlagsmodell, med tilhørende fagmodeller, som skal holdes oppdatert under hele prosjektet. Prosjekterende skal også utarbeide tverrfaglig modell og presentasjonsmodell. Dette innebærer videre at den tverrfaglige modellen brukes som diskusjonsgrunnlag i prosjekteringsmøter og arbeidsmøter istedenfor tegninger (Statens vegvesen, 2017a). I tillegg skal den tverrfaglige modellen kunne brukes til kommentering, sidemannskontroll og tverrfaglig kontroll. Prosjekterende har selv ansvaret for kontroll og kvalitetssikring av modell og andre formelle dokumenter.

Statens vegvesen spesifiserer i konkurransegrunnlaget at i de tilfeller det likevel utarbeides 2D-tegninger, er modellen gjeldende foran tegninger ved bygging (Statens vegvesen, 2017a). Entreprenøren skal da bruke modellen som grunnlag, og dersom eventuelle tegninger ikke stemmer med modellen skal det antas at modellen inneholder den korrekte informasjonen.

4 RESULTAT

Håndbok V770 skal legges til grunn for prosjekteringen, og leveranse av modeller skal samsvare med denne.

I konkurransegrunnlaget kommer det fram at Statens vegvesen i utgangspunktet ønsker at prosjektet skal gjennomføres tegningsløst. Dette viser seg å være vanskelig å gjennomføre fullt ut, særlig i et så stort prosjekt med mange involverte aktører, og det vurderes områder der modell ikke kan erstatte tegninger. Det er vanskelig å si på forhånd når det vil være behov for tegninger, som gjør at Statens vegvesen og Multiconsult må bli enige om dette underveis i prosjekteringsfasen. Det har derfor blitt lagt inn en opsjon på 2000 timer for tegningsheftelse i konkurransegrunnlaget (Statens vegvesen, 2017a). Denne opsjonen har Statens vegvesen valgt å benytte seg av, som vil si at det ved behov vil bli levert tegninger. Prosjektet gjennomføres dermed modellbasert, men ikke tegningsløst.

Intervjuobjekter fra Bussveien-prosjektet

Fra prosjektet er fem personer fra Multiconsult intervjuet. Disse representerer ulike fagområder hos prosjekterende, og har forskjellige roller i prosjektet som gjør de relevante til problemstillingen. I tillegg ble tre personer fra Statens vegvesen intervjuet, dette for å oppnå et bredere perspektiv og flere synsvinkler for å bedre besvare problemstillingen. I tabell 8 er de mest sentrale arbeidsoppgavene til de ulike intervjuobjektene kort beskrevet.

4 RESULTAT

Tabell 8: Oversikt over intervjuobjekter og tilhørende ansvarsområder i prosjektet

Selskap	Stilling	Hovedoppgaver i prosjektet
Multiconsult	Fagansvarlig Veg (Modellansvarlig)	Styrer prosjekteringen av vei. Var også Disiplinleder for BIM og DAK i starten av oppdraget, og la opp løpet for hvordan ting skulle se ut
Multiconsult	Fagansvarlig Konstruksjoner	Styrer prosjekteringen av støttemurer, underganger, og lignende
Multiconsult	Fagansvarlig Kommunalteknikk	Overordnet ansvar for VA. Mest ansvar for kontroll mot modell
Multiconsult	Fagansvarlig VA	Hovedkontroll i modellen innenfor VA. Ansvar for koordinering mot andre fag
Multiconsult	Oppdragsleder	Fungerer som både oppdragsleder og prosjekteringsleder. Har kontakt mot oppdragsgiver
Statens vegvesen	3D-ansvarlig	Veiplanlegger. Hjelper andre som bruker digitale verktøy. Påser at Håndbok V770 følges
Statens vegvesen	Konstruksjonsansvarlig	Fagressurs for prosjektleder. Bistår med vurdering av konstruksjoner og leveranse fra konsulent. Kvalitetssikring av grunnlaget
Statens vegvesen	Byggeleder	Er med i prosjekteringsfasen og gjennomføringen av prosjektet. Arbeider med entreprenør når de får produksjonsgrunnlaget

4.2 Empiriske funn

Ved analyse av de empiriske funnene ble de funnene som ble ansett som mest avgjørende for prosjektgjennomføringen samlet og kategorisert. Kategoriene reflekterer aspekter som særlig påvirkes av digitalisering, og tar utgangspunkt i relevant teori og tidligere forskning (EVERY Survey, 2018; Jensen & Kirkhorn, 2015; MIT Center for Digital Business & Capgemini Consulting, 2011; Norsk Industri & Siemens, 2016; Toomey, 2018). Dette presenteres som egne underkapitler, herunder digitale verktøy, standardisering, individ og organisasjon.

4.2.1 Digitale verktøy

Bussveien-prosjektet ansees å ha en høy grad av digitalisering. Fagansvarlig Veg fra Multiconsult poengterer at «i den grad verktøyet fungerer er vi veldig høyt digitalisert i dette prosjektet». Det produseres likevel flere tegninger, mye fordi en del detaljer er utfordrende og kostnadskrevende å prosjektere i BIM-modellen. Oppdragsleder fra Multiconsult er dessuten «ikke så sikker på om det er et mål i seg selv å fjerne alle tegninger». Noen tegninger må produseres uansett, og et modellbasert prosjekt betyr ikke nødvendigvis også et tegningsløst prosjekt. En viktig årsak til dette understrekes å være begrensninger i de tilgjengelige verktøyene. Dette trekkes også fram som avgjørende for at flere prosesser i prosjektet utføres tilsvarende som i tegningsbaserte prosjekt.

Kontroll og kvalitetssikring

Selv om prosjektet har en høy grad av digitalisering, foregår kontroll og kvalitetssikring i stor grad som ved tradisjonelle, tegningsbaserte prosjekt. Fagansvarlig Veg fra Multiconsult forklarer at «om vi modellerer og prosjekterer i 3D, så jobber vi på samme måte. Vi plottes ut enkeltprofiler, plantegninger osv., men vi oppretter ikke en juridisk tegning». Han forklarer videre at de ser på BIM-modellen både i 2D og 3D, og bruker sjekklister for å kontrollere at kravene til prosjektet opprettholdes. Oppdragsleder fra Multiconsult poengterer at selv om de ikke leverer tegninger så «genererer vi ganske mange av de samme AutoCAD-filene våre, og tar egentlig en kvalitetssjekk av mange av de samme tingene som vi ville gjort på tegning – men vi gjør det digitalt». Hver fagmodell i prosjektet har definerte sjekklister, som er tilpasset det respektive fagområdet. Ved å generere DWG-filer plottes den dynamiske BIM-modellen ut i statisk form. Fagkontroll utføres da mot en digital DWG-fil istedenfor en tegning som har blitt skrevet ut, men gjennomføres ellers tilsvarende som i tegningsbaserte prosjekt: «Det blir å fylle ut noe, krysse av i et ark, signere og arkivere» (Konstruksjonsansvarlig, Statens vegvesen).

Konstruksjonsansvarlig fra Statens vegvesen mener fagkontroll og kvalitetssikring er mer utfordrende å utføre i BIM-modellen: «I tegning er det lett – hvis du har et snitt så kan du sjekke det snittet og kommentere. Mens på en modell så er det lett at ting som er feil forsvinner litt i modellen. Så det krever jo litt mer i kontrollfasen». Fagansvarlig Kommunalteknikk fra Multiconsult forklarer at det i prosjektet er «noen krav som må ivaretas [...], og tegninger er bygd på den måten at den informasjonen får du ut med en gang – høyder og alt. Modeller er nok litt mer kompliserte å kontrollere». Fagansvarlig Veg fra Multiconsult poengterer at prosjekteringsverktøyene ikke er «på det nivået at vi klarer å unngå tegninger på byggetekniske detaljer», og at det ikke er alt som kan kontrolleres modellbasert per i dag. For å ivareta kravene fra Plan- og bygningsloven og Byggesaksforskriften er de i noen tilfeller derfor avhengige av tegninger. En forbedring i de digitale verktøyene vil sannsynlig redusere dette behovet for tegninger: «Det skulle vært litt automatikk i det, slik at etter hvert som du

4 RESULTAT

går bortover en vei så endres egenskapene. Når de [programvareleverandørene] kommer med det så kan vi bare glemme tegningene» (Byggeleder, Statens vegvesen).

Fagansvarlig Kommunalteknikk poengterer at den største utfordringen med å kontrollere i modell er å dokumentere at det er gjort. 3D-ansvarlig fra Statens vegvesen understreker også at «dokumentering av kontroll og en del intern fagkontroll – det er ofte en av de stedene verktøyene ikke er så gode». Brukergrensesnittene tilrettelegger ikke for enkel dokumentasjon, og mye informasjon kan forsvinne ved eksport og import mellom program:

«I Novapoint kan jeg lage en regel som sier at for disse modellene så er kontroll utført av den personen, og godkjent av den personen. Også kan jeg legge det inn som sideinformasjon, som *properties*. Også eksporterer jeg det til et annen program eller leverer det – også forsvinner all den informasjonen.»

Dokumentasjon av utført kontroll er et gjennomgående problem i prosjektet, både i fagmodellene og i tverrfaglig modell: «Det er nok en utfordring for en del fag, hvordan de skal dokumentere det. Der er vi nok ikke helt i mål enda» (Oppdragsleder, Multiconsult). Dersom det oppdages feil i modellene, dokumenteres dette med et skjermbilde: «Om det er riktig eller ikke får vi finne ut av etter hvert. Det er en prosess» (Fagansvarlig Kommunalteknikk, Multiconsult). Fagansvarlig VA fra Multiconsult understreker at det i modell er «vanskelig å arkivere at det har blitt sjekket». Hun forklarer videre at de i prosjektet må finne metoder for å dokumentere at kontroll er utført i modellene for å sikre at styringssystemet følges og at kravene ivaretas: «Vi skriver ut 3D som DWG, og tar noe *screen capture* – men det er vanskelig».

Tverrfaglig kontroll

Fagansvarlig Veg fra Multiconsult understreker at «tverrfaglig sett så er digitale verktøy en kjempestor forskjell [...]. Istedenfor å sitte med hundrevis av tegninger for å skjønne totaliteten og for å gjøre test, blir det mye enklere med digitale verktøy». Tverrfaglig kontroll av grensesnittene mellom fag har generelt vært utfordrende å gjøre med tegninger:

«I beste fall fikk du DWG-tegning, og det var dette du måtte [...] kontrollere mot – dybdene og høydene. Det slet vi med en del år før vi lærte hvordan du håndterer grensesnitt. Det var ikke så lett å oppdage og være obs på, mens nå ser vi det med en gang.» (Fagansvarlig Kommunalteknikk, Multiconsult)

I prosjektet utføres tverrfaglig kontroll for å visualisere eventuelle kollisjoner og konflikter mellom fagmodellene. Konstruksjonsansvarlig fra Statens vegvesen forklarer at «i en modell kan du legge inn flere modeller i en visning. Du kan ta med vei, konstruksjoner, teknikk og alt inn i en, og du kan fort se om det blir kollisjoner». De ulike fagområdene samler sine fagmodeller i en tverrfaglig modell der eventuelle kollisjoner vises tydelig. De forskjellige fagene kan da gjøre endringer og tilpasses hverandre – gjerne på et mye tidligere stadium enn

i tegningsbaserte prosjekt. Fagansvarlig Kommunalteknikk fra Multiconsult understreker at «modellen har absolutt en stor fordel når du prosjekterer i forhold til å se konfliktene og til å visualisere utfordringene».

Risiko

Det framkommer store begrensninger i de tilgjengelige verktøyene når det kommer til håndtering av risiko. I Bussveien-prosjektet gjennomføres derfor også risikostyring i stor grad tilsvarende som i tradisjonelle, tegningsbaserte prosjekt. Ulike risikofaktorer identifiseres i risikomøter med relevante deltakere fra prosjektet. For å håndtere disse risikofaktorene benyttes ulike sjekklister som tilpasses fagområdet og behov der det er nødvendig. BIM-modellen brukes ikke som et risikoverktøy, men Excel brukes fremdeles i stor grad som verktøy for å håndtere sjekklister. Informasjon om risiko legges heller ikke inn i modellen. Fagansvarlig VA fra Multiconsult forklarer at «prosessen i forhold til risiko endrer seg ikke om du har modell eller ikke. Du har den samme prosessen, men nå er det enklere». Den tydelige visualiseringen i den tverrfaglige modellen tydeliggjør flere risikofaktorer. Dette gjør at risikofaktorer som påvirker projektrisikoen identifiseres tidligere, og dermed vurderes og håndteres raskere.

4.2.2 Standardisering

Standardisering i Multiconsult

Hos prosjekterende i prosjektet brukes DDS-håndboken som utgangspunkt. I tillegg ble det før oppstart av prosjektet utarbeidet en egen BIM-manual, som skal beskrive bruk av BIM. Fagansvarlig Konstruksjoner fra Multiconsult påpeker at eksisterende dokumenter likevel ikke reflekterer reell situasjon godt nok: «Vi jobbet – før vi begynte – med å lage BIM-manualen, men vi ser jo når vi begynner [...] at det ikke var så lurt å gjøre det sånn». Han forklarer videre at dette fører til at de i prosjektet gjør ting annerledes enn det de har sagt at de skal, noe som «vil bedre seg etter at man har vært gjennom dette noen ganger».

Bransjestandard

Oppdragsgiver ønsket i utgangspunktet at prosjekterende skulle levere modell i henhold til Håndbok V770. Fagansvarlig Veg fra Multiconsult forklarer at dette i realiteten skaper mye unødvendig arbeid, særlig dersom noe må endres: «Det er ikke noe byggherre har nytte av, akkurat den biten der. [Vi] kan bruke 2-3 timer på å endre et objekt i en tegning, versus å bruke 2-3 uker på å endre hundrevis av modeller». Som følge av at det ikke eksisterer en bransjestandard som oppdragsgiver kan bestille etter, eller som prosjekterende kan levere etter, er dette noe prosjekterende og oppdragsgiver blir enige om i samarbeidsfasen.

4 RESULTAT

Fagansvarlig Veg fra Multiconsult poengterer at «på et eller annet tidspunkt er vi nødt til å standardisere leveransen». I prosjektet har det oppstått flere situasjoner der oppdragsgiver og prosjekterende ikke blir enige om leveransen – noe som er tidkrevende og kostbart: «Det er litt flaut ... det er litt kjipt at vi er der at vi ikke klarer å lage et ordentlig regelverk som alle kan jobbe etter» (Fagansvarlig Veg, Multiconsult). Ved utlysning av konkurranse gjør denne usikkerheten det dessuten utfordrende for prosjekterende å utforme realistiske tilbud:

«Sånn kan vi jo ikke drive på i framtiden – at det er så stor usikkerhet med hvilket produkt man skal levere. Så der må det en ytterligere standardisering til slik at konkurransegrunnlaget som leveres fra en oppdragsgiver [...], at det blir enkelt å prise det. Altså at det er lett å konkurrere på lik linje.» (Oppdragsleder, Multiconsult)

Fagansvarlig Kommunalteknikk fra Multiconsult uttrykker dessuten at bransjen må enes om hva som er nødvendig å ha i BIM-modellen – i tillegg til hvor detaljert innholdet skal være: «Trenger du alle mulige bolter, eller er det nok [...] at du faktisk angir standardprodukter – og at alle skjønner at ti bolter holder?». Per i dag finnes det ingen standard på hva modellen skal inneholde, noe som fører til misforståelser mellom oppdragsgiver og prosjekterende: «Vi har jo kanskje en litt ulik forventning til hva modellen skal inneholde på hver side av bordet [...]. Hvis vi har en helt ulik oppfatning av hva som skal inn i modell, så er det en ganske stor økonomisk risiko da – for oss» (Oppdragsleder, Multiconsult).

Objektene i BIM-modellen kan beskrives med en MMI-verdi, slik at de forskjellige fagområdene har oversikt over hverandres framgang. Dette tilrettelegger for at modellen kan sendes mellom aktører, som kan bruke dette som grunnlag og bygge videre på informasjonen i modellen. Fagansvarlig Veg fra Multiconsult mener de heller ikke har kommet langt nok i prosjektet med tanke på dette: «Det har vært bra hvis man hadde hatt på plass den modellmodenhetsindeksen som bransjen ønsker å bruke, slik at vi kunne overtatt en modell fra reguleringsplanen med en viss MMI og kunne da bygd den opp på nytt. Men når bransjen ikke har landet på en løsning på akkurat det der, så blir det litt annerledes».

I prosjektet produseres det flere tegninger for å beskrive detaljer som er vanskelig å få fram i modell, og for å oppfylle krav og ønsker fra enkelte aktører. Oppdragsleder fra Multiconsult tror at det fremdeles produseres tegninger i BA-prosjekt om ti år – men at det da kun er en viss type tegninger som produseres. Disse tegningene kan standardiseres og være inne i veinormaler, slik at de henvises til istedenfor at de produseres unikt i hvert prosjekt: «[at] det er en slags bransjestandard i stedet for at vi skal produsere de gang på gang – det er jo ønskelig». Byggeleder fra Statens vegvesen understreker også at tegningsproduksjonen slik kan reduseres i framtidige prosjekt: «Enkelte detaljer må nok tegnes uansett, men det kan minimeres vanvittig mye da».

Felles filformat

Som følge av at anleggsbransjen enda ikke har landet på et felles, åpent filformat, bruker de ulike fagområdene i prosjektet forskjellige program med forskjellige filformat. Eksempelvis benytter konstruksjon-fagområdet og vann og avløp-fagområdet (VA-) hos prosjekterende henholdsvis Tekla og Novapoint, mens konstruksjon hos oppdragsgiver benytter AutoCAD. Ved tverrfaglig gjennomgang konverterer de ulike fagområdene sine fagmodeller, og samler disse i en felles tverrfaglig modell i Navisworks. Fagansvarlig Konstruksjoner fra Multiconsult forklarer at mye informasjon kan forsvinne som følge av inkompatibilitet mellom filformatene, slik at den tverrfaglige modellen blir mangelfull: «Den ene entreprenøren bruker *det* programmet og den andre bruker *det*, og så eksporterer du til forskjellige versjoner og sånn ... at det skjer feil i den fasen der, det tenker jeg er en risiko». 3D-ansvarlig fra Statens vegvesen understreker at «det som er viktig for infrastruktur er å ha valgt et dataformat [...]. Nå er det et problem at vi ikke har kommet så langt som vi burde på det med 'hva er et åpent format?'».

I prosjektet skal all data leveres på det formatet det ble prosjektert i – i tillegg til at det skal leveres en fil på et åpent format som skal fungere for alle. I mangel på et godt definert åpent format, brukes DWG-filer i stor grad som utvekslingsformat i prosjektet. Byggeleder fra Statens vegvesen forklarer at folk generelt trenger tid på å sette seg inn i nye ting, og at det er tidkrevende å enes: «Ikke minst med definisjonen på et åpent format har vi enda ikke helt landet. Det er litt irriterende».

4.2.3 Individ

Innstilling og holdning til bruk av BIM blant de som er involvert i prosjektet har stor innvirkning på hvor digitalisert prosjektet er, og hvor mange tegninger som må produseres i tillegg til BIM-modellen. Fagansvarlig Konstruksjoner i Multiconsult forklarer at «de fleste har innsett at dette kommer, [enten] en vil eller ikke. Det er jo en del som mener at dette ikke gir noen ekstra nytte, men [jeg] tror de fleste aksepterer at dette kommer så det er bare å lære seg».

Kunnskap og kompetanse

Modellbaserte prosjekt er enda relativt nytt innen BA-bransjen. Det er derfor stor variasjon i prosjektet når det kommer til kunnskap og kompetanse i bruk av BIM og digitale verktøy. Noen har brukt dette i flere år og har høy kompetanse, mens andre hadde så vidt brukt BIM før dette prosjektet. Manglende kunnskap gjør dermed at enkelte fagområder faller utenfor. Fagansvarlig Kommunalteknikk fra Multiconsult understreker at «fordelen [med BIM-modellen] er at du ser eventuelle risikoelementer mye tidligere og de kommer forttere frem. I modellen viser du veldig visuelt hva som skal til for å få gjennomført det anlegget på en trygg

4 RESULTAT

måte». Denne visualiseringen krever derimot at modellen berikes med informasjon fra alle fagområder. Oppdragsleder fra Multiconsult poengterer at alle i prosjektet må være med i modellen for å holde seg oppdatert på framgangen, noe som kan være utfordrende dersom noen faller utenfor:

«Det gjelder kanskje spesielt med en del av de som er opp i årene som ikke er så sugen på å åpne disse modellene. Det er vanskelig å ha møter med de for de kan ikke navigere i modellen. Det tenker jeg er en forbigående fase.»

De som i utgangspunktet er mer tilbakeholden endrer gjerne holdning etterhvert som de digitale verktøyene brukes mer: «Når vi tar den [BIM-modellen] i bruk mot de fagene som tradisjonelt ikke har benyttet modell, så tar det ikke så veldig lang tid før de ser nytten av det altså» (Oppdragsleder, Multiconsult).

Mens tegninger kun inneholder informasjon nødvendig for å utføre kontroll og for å bygge den spesifikke delen, inneholder BIM-modellen informasjon om hele anlegget. For de i prosjektet uten tilstrekkelig kompetanse kan det være utfordrende å navigere i en så informasjonsrik modell. 3D-ansvarlig fra Statens vegvesen forklarer at «folk kan ha lettere for å svelge en del fagmessige feil [...]. Det er en del ting som kan ha lettere for å gå gjennom fordi det ser så flott ut, også henger det ikke alltid helt på grep». Dessuten kan det være utfordrende å vite hvor all informasjonen er – og om det er lagt inn i modellen: «Det er jo selvfølgelig en risiko at du tror at alt ligger inne i modellen også er det noen ting som ligger på yttersiden som du ikke er klar over» (Oppdragsleder, Multiconsult). Oppdragsleder i Multiconsult understreker at det ved modellbaserte prosjekt er særlig viktig «å ha kontroll på hva som ligger i modell, og hva som ikke ligger i modell. At alle sammen har en felles forståelse av det – både vi som prosjekterer og Statens vegvesen som byggherre, men til slutt og at entreprenøren også har samme forståelse».

Manglende ferdigheter i de digitale verktøyene gjør dessuten kompetanseoverføringen i prosjektet utfordrende. Det framkommer visse forskjeller mellom aldersgruppene når det kommer til vilje til å bruke BIM. Fagansvarlig Konstruksjoner fra Multiconsult understreker at de er avhengige av seniorer som er villige til å lære: «Seniorene som skal bidra er nødt til å lære seg å jobbe i modell. Man kan alltid svare på generelle spørsmål, men dersom en skal kontrollere eller jobbe i prosjektet må en kunne jobbe i modell». Selv om det finnes seniorer som ikke ser nytten av BIM, har de fleste innsett at modellbasert prosjektering er fremtiden og at de er nødt til å lære. Oppdragsleder fra Multiconsult understreker at dette generasjonsskillet «forsvinner nok mer og mer».

Byggeleder fra Statens vegvesen forklarer at «de unge er jo litt mer ivrige i modell enn de gamle», som gjør at junior gjerne har mer kompetanse innenfor enkelte områder enn senior. Prosjektet preges derfor av at junior lærer faget av senior, mens senior lærer BIM av junior: «Vi går kanskje litt andre veien enn det vi har gjort tidligere – de som er nyere og litt mer inn i teknologien er de som lærer opp de som har vært her noen år» (Konstruksjonsansvarlig, Statens vegvesen).

4 RESULTAT

Det er dessuten nødvendig å ha god forståelse av BIM-modellen, i tillegg til å kunne bruke den, for å utføre fagkontroll på de ulike fagmodellene: «Hvis jeg ikke kunne [modellert], så tror jeg at jeg hadde hatt vanskeligheter med å sjekke modellen» (Fagansvarlig Kommunalteknikk, Multiconsult). Fagansvarlig VA fra Multiconsult poengterer at tankegangen i modellbaserte prosjekt er annerledes enn ved tegningsbaserte prosjekt, som gjør at senior må kontrollere junior på en annen måte: «Du kan ikke bare si at det fikses på byggeplass, den forståelsen er litt annerledes for senior enn de andre [...]. Nå må vi tenke på alle detaljer».

For at det fulle potensialet i de digitale verktøyene skal utnyttes, er det viktig at de brukes riktig. Med modellbasert prosjekt spiller IT en mye større rolle enn ved tegningsbaserte prosjekt. I en overgangsfase der flere ikke kjenner alle begrensninger og muligheter ved de digitale verktøyene, er det en stor risiko for at verktøyet stoles for mye på: «*Shit in, shit out*. Verktøyene retter ikke opp noe feil hvis du har lagt noe feil inn» (Fagansvarlig Veg, Multiconsult). Oppdragsleder fra Multiconsult understreker at det er en risiko «[...] at man tenker at den modellen løser alt – alt blir så mye bedre. Men det forutsetter jo at du har alt inn i modellen, og det er jo et par fag som henger litt etter». De digitale verktøyene kan gjøre mye – men det er fortsatt viktig å ta hensyn til den menneskelige faktoren i det hele: «Hvis vi ser på hvor det er størst risiko for oss; [det] er at folk glemmer å prosjektere noe» (Fagansvarlig VA, Multiconsult).

Rutiner og vaner

Tegningsbaserte prosjekt har blitt gjennomført i flere år, og de forskjellige fagfeltene har utviklet egne rutiner og arbeidsmetodikk for hvordan ulike prosesser innenfor prosjektet skal utføres. Som følge av at modellbaserte prosjekt enda er relativt nytt, er det ikke tilsvarende rutiner og metodikk for disse prosessene i modell like godt utviklet og etablert i gjennomføringsmodeller. Dette påvirker i stor grad risikostyringen i prosjektet, som gjennomføres tilsvarende som i tegningsbaserte prosjekt. Fagansvarlig Konstruksjoner fra Multiconsult forklarer at dette også gjør det utfordrende å utføre fagkontroll i BIM-modellen. I prosjektet gjøres derfor dette på forskjellige måter, og det oppleves generelt som mer tidkrevende enn ved tegningsbaserte prosjekt. Han understreker videre at det er vanskelig å vite hva de ser etter på grunn av at det er så mye informasjon i modellen, og at det er utfordrende å vite hva som skal kontrolleres – og når de har kontrollert nok.

Som følge av at tegningsbasert kontroll har blitt gjort i så mange år, har dette dessuten blitt en vane for de fleste i prosjektet. Oppdragsleder fra Multiconsult forklarer at han derfor er usikker på hvordan oppdragsgiver håndterer å utføre ekstern kontroll i modell: «Tidligere får de [Statens vegvesen] 200 tegninger på forskjellige fagfelt [...]. De tegningene er de vant til å få – de vet akkurat hva som skal være på disse og hva de skal kontrollere. Mens nå får de nesten ikke noen tegninger, de får en modell». Fagansvarlig Kommunalteknikk fra Multiconsult poengterer at disse vanene har blitt opparbeidet gjennom flere år, men at det kan bli enklere å utføre kontroll i modell når de har gjennomført flere modellbaserte prosjekt:

«Med tegninger får du et papir hvor all informasjon står lett tilgjengelig og du er vant til den arbeidsprosessen med å kontrollere tegninger. Der leser du informasjonen med en gang om de objektene du skal kontrollere, mens i modellen må du inn på hvert enkelt objekt. Det er ikke sikkert du får den nødvendige informasjonen heller. Også har dette med vane å gjøre, ikke minst. Dette med å kontrollere tegninger har vi gjort i mange, mange år, mens å kontrollere modell – det er litt nytt.» (Fagansvarlig Kommunalteknikk, Multiconsult)

Tidsbruk

Fagansvarlig Konstruksjoner hos Multiconsult forteller at «det tar lengre tid å prosjektere», som følge av at dette foregår i BIM. Da det i prosjektet er modellen som er leveransen, må denne være så detaljert at entreprenør kan bruke den som grunnlag til bygging. Dette trekkes fram som hovedårsaken til at prosjekteringen er mer utfordrende og tar lengre tid. Jo mer detaljert og informasjonsrik modellen skal være, desto lengre tid tar det å modellere:

«Siden vi [i tegningsbaserte prosjekt] ikke trengte for eksempel å levere alt som x-, y-, z-koordinater, droppet vi å modellere *dette* og *dette* og *dette*. Da bare tegnet vi det på papiret [...] siden du visste at hovedleveransen var på papir, så det var enklere å bare tegne. [...] Når du har masse rørtilkoblinger kan du ikke bare si at det kobles sammen, det må presenteres på den faktiske måten det skal bygges opp [...]. Nå må alt være på plass så det tar mer tid enn før å modellere.» (Fagansvarlig VA, Multiconsult)

Oppdragsleder fra Multiconsult understreker at det i noen tilfeller krever mer ressurser å modellere – noe på grunn av begrensninger i verktøyene, men også fordi dette er nytt og uvant for mange: «Enkelte ting er kanskje tidkrevende å få inn 100 % i modell, og da er en enkel løsning å lage en detaljtegning i stedet for. Også er det nok enkelte ting som det kanskje er lettere å lage tegning på da ... Sånn – det er mer kostnadseffektivt».

Selv om tidsbruken i prosjekteringsfasen øker betydelig, forenkler likevel en informasjonsrik modell andre oppgaver som gjør at det spares tid i andre faser i prosjektet. Oppdragsleder fra Multiconsult forklarer at den tydelige visualiseringen i modellen gjør at «avgjørelsene i prosjektet går raskere enn det ville gjort med kun tegning». Han påpeker at modellen gjør det enklere å kommunisere, som fører til at avgjørelser tas raskere:

«Det å kunne kommunisere både internt og med kunden via en modell der du har alt inne – istedenfor å ... hvis du sitter i et Skype-møte og kan åpne en modell, også har du alt der. Istedenfor at du skal sitte å bla deg gjennom mange tegninger og notater og sånt. Det å få tatt en avgjørelse og vise fram et visuelt 3D-bilde der alt er prosjektert og materialet ligger inne – det gjør det veldig mye enklere å kommunisere. Vi får tatt en del avgjørelser mye raskere.»

4 RESULTAT

Selv om det i prosjektet produseres en god del tegninger, er mengden betydelig redusert i forhold til tegningsbaserte prosjekt. Prosjekterende sparer derfor mye tid som følge av en redusert kvalitetssjekk av tegninger:

«Når vi har leveranser på tegningsbaserte prosjekt så kan vi jo sitte med På dette prosjektet hadde vi sannsynligvis sittet med 200-300 tegninger. Og de siste to-tre ukene før leveranse så hadde vi brukt ekstremt mye tid på å printe ut tegninger, og ta kontroll. [...] Vi føler vel at vi kaster bort litt for mye tid på KS av tegninger. Og den tiden kan vi bruke til prosjektering rett og slett. Så jeg tror produktet vi leverer blir bedre fordi vi sparer en del tid.» (Oppdragsleder, Multiconsult)

Kostnadseffektivitet

Den økte tidsbruken i prosjekteringsfasen øker også kostnadene: «For oss er det nok ikke spesielt kostnadseffektivt» (Fagansvarlig Konstruksjoner, Multiconsult). Den økte kostnaden kan likevel hentes inn i byggefasen:

«For oss på konstruksjon har det påvirket prosjekteringskostnader særlig. Hvert fall nå i startfasen så går det ganske mye mer timer på prosjektering enn det gjorde tidligere. Så den har sikkert økt med kanskje opp mot 5 % mer timeforbruk i måneden. Men så håper vi jo at det spares inn igjen i byggefasen med at det er mindre fram og tilbake der da, og ting er mer avklart i prosjekteringen. Sånn at totalt så vil det gå i pluss.» (Konstruksjonsansvarlig, Statens vegvesen)

Med en så detaljert og informasjonsrik BIM-modell, oppdages eventuelle feil og mangler i prosjekteringsfasen istedenfor at entreprenør avdekker dette i byggefasen: «Vi er ikke på det nivået at vi klarer å gjøre det billigere i modell. Men det reduserer jo feil, så det er billigere i den grad at du ser feilen mye tidligere i modellen» (Fagansvarlig Veg, Multiconsult). 3D-ansvarlig fra Statens vegvesen poengterer at mer ressursbruk i tidligere faser kan føre til en mer kostnadseffektiv gjennomføring av byggefasen:

«Rent prosjekteringsmessig så tar det nok lengre tid å planlegge i 3D [...], men jeg ser for meg at når de [prosjekterende] har brukt mer tid på hvert fag så har de kanskje brukt mindre tid på misforståelser og omprosjektering ... I tidligere faser må du gjerne legge ned et større arbeid for å slippe 10 ganger mer arbeid senere.»

Fagansvarlig VA fra Multiconsult forklarer dessuten at samarbeidet mellom fag forbedres med bruk av BIM, som gjør at det utarbeides bedre og mer effektive løsninger i prosjektet: «Når du har [prosjektet] i modell, optimaliserer du det som skal prosjekteres [...]. Du ser du kan prosjektere, justere, tilpasse ... så det blir rett og slett billigere å bygge».

Produksjon av tegninger i tillegg til BIM-modellen er også tidkrevende, og øker dessuten kostnadene. Byggeleder i Statens vegvesen mener at modellbaserte prosjekt vil være mer

kostnadseffektive på sikt, men at dette prosjektet ikke nødvendigvis vil være besparende: «Nå er det jo dobbelt opp. [...] Det er jo mer kostbart å ha både modell og en hel del tegninger».

4.2.4 Organisasjon

Dersom bransjen skal oppnå en overgang fra tegningsbaserte til modellbaserte prosjekt, er det nødvendig at dette legges til rette for på et organisatorisk nivå. Anleggsbransjen er omfattende, og det er avgjørende at alle aktører er med for at bransjen skal endres. Konstruksjonsansvarlig fra Statens vegvesen oppfatter de fleste aktørene som positive til å innføre digitalisering, selv om det er utfordrende for flere. Byggeleder fra Statens vegvesen skulle gjerne sett at Bussveien-prosjektet var enda mer digitalisert, men forklarer at «samarbeidet rundt er jo ikke helt klart for det – da både andre etater og internt i Statens vegvesen».

Oppdragsgiver/byggherre

I prosjektet har oppdragsgiver/byggherre vært pådriver for å få til høy grad av digitalisering. Konstruksjonsansvarlig i Statens vegvesen understreker at dette er nødvendig for at bransjen skal gå framover: «Hvis det skal være en utvikling på det, så er det jo litt med oppdragsgiver som må stille krav». Som følge av at bransjen ikke har kommet så langt innen digitalisering, poengterer 3D-ansvarlig i Statens vegvesen at det kan være utfordrende å stille oppnåelige krav: «Vi opplever at vi presser de [prosjekterende] på alt mulig, også går det ikke fordi det [digitalisering] er ikke veldig godt tilrettelagt». Fagansvarlig Konstruksjoner fra Multiconsult opplever dessuten at oppdragsgiver ikke nødvendigvis forstår omfanget av det de ønsker: «Statens vegvesen har vært veldig positive til dette generelt, men vi må ofte løse utfordringene med dette – både konsulent og entreprenør. [Jeg] tror ikke alltid de helt vet hva de bestiller». Det har derfor oppstått uforutsette utfordringer som har resultert i mer prosjekteringstid.

Kommunen

Bussveien-prosjektet er omfattende, og involverer mange aktører og instanser. Selv om mange har vært positive til digitalisering og bruk av BIM, har flere også vært skeptiske. Fagansvarlig Kommunalteknikk fra Multiconsult forklarer at «Stavanger kommune var veldig sann 'vi har ikke lært oss dette enda'», og at de derfor krevde tegninger på alt de skal godkjenne. Dette utgjør en stor del av tegningsproduksjonen i prosjektet. «Normalt sett så hadde vi ikke trengt å utarbeide disse tegningene, men i og med at de [Stavanger kommune] ikke er så for modell enda (men det kommer jo) så ble det litt sann» (Byggeleder, Statens vegvesen).

Prosjekterende

Hos prosjekterende har de fleste vært positive til å implementere BIM og utnytte de digitale verktøyene. Fagansvarlig Veg fra Multiconsult forklarer at de raskt fikk bruk av BIM inn i prosjektet, og at de brukte mye tid i starten på å forstå hvordan de kan utnytte modellen best mulig:

«[...] hva som skal gjøres i modell – og hva som er fornuftig å bruke tid på å gjøre i modell. Både i henhold til hvordan entreprenøren kommer til å bruke dataen, hvordan vi [prosjekterende] kommer til å bruke dataen i prosjekteringsfasen, og hvordan byggherre kommer til å bruke dataen i kontrolleringsfasen.»

Fagansvarlig Kommunalteknikk forklarer at «overgangen til modellbasert prosjektering har nok ikke vært veldig stor for oss», som følge av at de har arbeidet mye i 3D i tidligere prosjekt. Flere hos prosjekterende er derfor godt vant til de digitale verktøyene. Konstruksjonsansvarlig fra Multiconsult forteller imidlertid at det tidligere har vært preg av en «papirtankegang», der tegningene har vært hovedfokuset. Dersom det oppstår utfordrende situasjoner i prosjektet, forklarer Oppdragsleder fra Multiconsult at det fremdeles kan være fristende å gjøre ting som før: «Vi ser jo det at også vi dette tilbake igjen på det tradisjonelle når tiden ikke helt strekker til, eller at ting begynner å bli veldig kompliserte».

For å sikre en god gjennomførelse av et modellbasert prosjekt, understreker Fagansvarlig Kommunalteknikk fra Multiconsult at det er «veldig viktig at alle fag er med». Oppdragsleder fra Multiconsult poengterer at det også er viktig å sette krav til bruk av BIM og digitale verktøy fra starten av prosjektet: «Du vil alltid møte noen som er litt tilbakeholden med nye ting, men det å bare bestemme seg for at det skal benyttes i utgangspunktet er nok måten å gjøre det på». Slik sikres også en utvikling av digitaliseringen i bransjen.

Entreprenør

I dag er det stor variasjon blant de ulike entreprenørene med tanke på hvor langt de har kommet med digitalisering og bruk av BIM: «En del er positive til det [modellbasert leveranse] og etterspør mer når de har fått noe, mens andre ser ikke helt den store effekten og synes det var lettere å forholde seg til tegninger» (Fagansvarlig Konstruksjoner, Multiconsult). 3D-ansvarlig fra Statens vegvesen opplever generelt «litt mer motvilje hos entreprenør enn konsulent [prosjekterende]», en holdning han tror er i endring. Entreprenørens holdning til digitalisering kan dessuten avhenge av størrelsen på bedriften og tilgjengelige ressurser:

«[Jeg] har sett flere prosjekter av mindre størrelse (som rundkjøring, gang- og sykkelveier, ...) hvor vi prøver å kjøre ting modellbasert [...]. Også har ikke entreprenørene peiling egentlig på hva de skal gjøre, og de viser motvilje til å gå inn i noe nytt.» (3D-ansvarlig, Statens vegvesen)

4 RESULTAT

Samtidig understreker Byggeleder fra Statens vegvesen at «noen entreprenører er mye lengre framme enn prosjekterende, mens andre har jo ikke vært borti modell enda».

Dersom modellen blir for informasjonsrik, opplever Fagansvarlig Kommunalteknikk fra Multiconsult at entreprenør kan være skeptisk til å ta den i bruk: «Entreprenøren er veldig var på å flytte ting fordi de vet at ved hver flytting kan de risikere at hele modellen kollapser omtrent, siden det er så mye infrastruktur». Det kan være nødvendig å redusere detaljeringsgraden på enkelte objekter slik at modellen blir enklere å bruke for entreprenør. Fagansvarlig Veg forklarer at «når jeg har bygd opp modellene så prøver jeg å gjøre det med anleggshatten på, [...] slik at anleggsgjennomføringen blir enklere og entreprenøren får det de egentlig ønsker». Prosjekterende og entreprenør har samhandlingsmøter der de går gjennom leveransen, slik at entreprenør er innforstått med hva de får levert av modeller og stikningsdata. Oppdragsleder fra Multiconsult understreker at det er viktig at det kommer tydelig fram hva de leverer: «Det er litt viktig for vår egen del i forhold til bygging og sånn – å poengtere overfor entreprenør hva de faktisk kan bruke modellen til, og hva de må bruke eventuelle rapporter og tegninger til».

Fagansvarlig Veg i Multiconsult forklarer at en stor del av entreprenørene i bransjen har blitt vant til en viss måte å gjøre ting på, og forventer at ting skal gjøres tilsvarende i fremtidige prosjekt. Dette skaper problemer dersom leveransen nå blir annerledes enn det som forventes:

«I Norge er det slik at alle entreprenører er vant til å få noe som heter VIPS, som er et resultat som kommer ut fra prosjekteringsverktøyet Novapoint. Det er ingen byggherre som har lov til å si at de skal få Novapoint, for de har ikke lov til å rette seg mot et produkt framfor et annet – det står i Byggherreforskriften. Men entreprenørene er uansett vant til å få resultater fra Novapoint, og de forventer å få det hver eneste gang. Og de får alltid det samme. Så når det kommer en konsulent utenfra som bruker et annet prosjekteringsverktøy – og vedkommende har rett til å gjøre det – hvis de forventningsavklaringene ikke er tatt ordentlig i starten så kan ting fort gå skeis. Og da sitter man med en entreprenør som ikke klarer å bruke resultatene til bygging.»
(Fagansvarlig Veg, Multiconsult)

Arbeidsfordeling

Som følge av at prosjekterende må levere en detaljert og informasjonsrik modell, får de en større rolle i prosjektet sammenlignet med tegningsbaserte prosjekt: «Tidligere har det kanskje vært tegninger, også har det blitt gjort litt justeringer på byggeplassen. Ting har kanskje ikke stemt helt, men nå må alt det være 100 % riktig når det prosjekteres» (Konstruksjonsansvarlig, Statens vegvesen). Slik fordeles mye av arbeidsmengden som tidligere lå hos entreprenør over på oppdragsgiver og prosjekterende: «Jeg tror nok og at med å jobbe med 3D-verktøy avdekker du flere feil. Og det gjør at en del av jobben vil gå fra byggeplassen til oss» (3D-ansvarlig, Statens vegvesen). Entreprenør får da levert en byggbar modell med høy detaljeringsgrad fra prosjekterende, som gir mindre mulighet til å finne egne

løsninger på byggeplass enn i tegningsbaserte prosjekt: «Det blir mer jobb for prosjekterende, [og] mindre tankevirksomhet for entreprenørene» (Fagansvarlig Konstruksjoner, Multiconsult).

Fagansvarlig VA fra Multiconsult poengterer likevel at det er enkelte konflikter eller kollisjoner som kan være enklere å løse på byggeplass: «Det er veldig synlig når det kommer konflikt mellom elektro og VA ... De kan [egentlig] fikse det på byggeplassen, men man [prosjekterende] kan ikke levere prosjekt med krasj». Dessuten er det ikke alt som kan modelleres like detaljert – særlig innenfor geoteknikk. Selv om modellen er svært informasjonsrik og detaljert, kan det oppstå situasjoner på anleggsplassen der modellen ikke stemmer med virkeligheten:

«Det som kan være litt vanskelig å vise med modellen er jo det under bakken. Stort sett, det som skjer på overflaten er jo greit, men det under bakken [...] er litt vanskelig for det er basert på relativt få målinger. Så det stemmer nok ikke alltid helt med det som skjer når de skal begynne å bygge.» (Konstruksjonsansvarlig, Statens vegvesen)

4.2.5 Framtidsutsikter for digitalisering i BA-bransjen

3D-ansvarlig fra Statens vegvesen forutser en gradvis utvikling innenfor BA-bransjen. Han viser til at bransjen har hatt flere effektiviseringsrunder, for eksempel ved å gå fra tegninger til DAK, og at digitalisering og bruk av BIM i alle faser av prosjektet blir neste steg. Utviklingen i bransjen kan samtidig endre arbeidssituasjonen:

«Jeg tror ikke alle kommer til å miste jobben, men jeg tror at om 50 år så sitter ikke 20 stykker og vurderer masse veialternativer. Da kommer vi til å bruke et program der du mater informasjonen som ligger i ulike arkiver, og sier 'jeg skal herfra til hit: beregn'. Da får du opp *de* og *de* alternativene som har *de* og *de* konsekvensene – så sitter vi mer som vurderingsorganer enn ingeniører.» (3D-ansvarlig, Statens vegvesen)

Fagansvarlig Kommunalteknikk fra Multiconsult «håper vi har kommet oss et steg videre og at vi faktisk klarer å levere et tegningsløst prosjekt i løpet av det neste tiåret». Per nå kan dette likevel virke urealistisk, særlig innenfor anleggsbransjen: «Vi har jo veldig få modellbaserte prosjekt på samferdsel, og det ligger noen år med prøving og feiling der først» (Oppdragsleder, Multiconsult).

Byggeleder fra Statens vegvesen uttrykker at «det er det [modellbaserte prosjekt] som er framtiden, det er ikke tvil om det. [...] Jeg synes bare det er så *græla* lett å sette seg inn i». For å oppnå dette understreker Fagansvarlig Veg fra Multiconsult at det er viktig med samhandling på tvers av bransjen, og at alle må være villige til å lære av hverandre: «*Sharing is caring*. For å få det beste ut i hvert prosjekt så må alle være dyktige og dele sin erfaring».

4.2.6 Oppsummering av empiriske funn

Tabell 9: Oppsummering av empiriske funn

Digitale verktøy	<ul style="list-style-type: none"> - Begrensninger i digitale verktøy gjør intern fagkontroll utfordrende å utføre i BIM-modellen, særlig på detaljnivå. Spesielt utfordrende å dokumentere utført kontroll i modell - Tverrfaglig kontroll av grensesnitt mellom fag er mye bedre med modell. Visualiseringen gjør at feil og kollisjoner mellom fagområder avdekkes tidligere - Risikostyring i BIM-modellen begrenses også av verktøyene, og holdes utenfor modellen
Standardisering	<p>Det er et stort behov for standardisering, både i bransjen og hos aktørene. Dette inkluderer særlig standardisering av</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leveransen i modellbaserte prosjekt. Det er stor usikkerhet blant aktørene hva leveransen skal inneholde, som kan føre til konflikt - Detaljeringsgrad i BIM-modellen og MMI. Tverrfaglig modell blir tung og utfordrende å bruke dersom alle fagområder har mye informasjon knyttet til sine fagmodeller - Tegninger. Flere av de samme tegningene genereres i ulike prosjekt. Disse kan etableres som standarder og henvises til - Åpent filformat. Anleggsbransjen mangler et felles, åpent filformat som de ulike programvarene kan konvertere til uten at informasjon forsvinner
Individ	<ul style="list-style-type: none"> - Manglende kunnskap og kompetanse i BIM gjør at viktig informasjon fra noen fagområder ikke inkluderes i BIM-modellen. Kunnskapsnivået gjør også modellen utfordrende å bruke. Viktig informasjon og feil kan oversees - Tydelig skille mellom yngre og eldre i kompetanse og vilje til å lære modell. Dette gjør særlig kompetanseoverføring utfordrende - Mangler rutiner og arbeidsmetodikk for gjennomføring av ulike prosesser i modellbaserte prosjekt. Dette gjør spesielt modellbasert fagkontroll og risikostyring utfordrende - De digitale verktøyene er nytt og uvant for mange - Prosjekteringsfasen er mer tidkrevende og kostbar siden modellen må ha høy detaljeringsgrad
Organisasjon	<ul style="list-style-type: none"> - Både oppdragsgiver og prosjekterende er pådrivere for høy grad av digitalisering i prosjektet - Oppdragsgiver må stille krav dersom bransjen skal utvikles. Aktører må tilpasse organisatorisk struktur for å tilrettelegge for økt digitalisering - Modellbasert prosjekt endrer arbeidsfordelingen. Mer arbeid i prosjekteringsfasen, og mindre i byggefasen

5 Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres funnene. Med utgangspunkt i dette beskrives barrierer for digitalisering i BA-bransjen. Kapitlet avsluttes med forskernes forslag for bedre tilrettelegging for innføring av digitalisering i bransjen.

5.1 Diskusjon av empiriske funn

Med utgangspunkt i følgende forskningsspørsmål, undersøker denne studien hvordan økt digitalisering påvirker BA-bransjen:

- Hvordan påvirker digitalisering kontroll og kvalitetssikring i prosjektet?
- Hvordan påvirker digitalisering risikostyring i prosjektet?
- Hvordan påvirker de digitale verktøyene prosjektgjennomføringen?
- Hva er barrierene for innføring av digitalisering?

Ved diskusjon av de empiriske funnene besvares forskningsspørsmålene, sett i sammenheng med eksisterende teori og tidligere forskning som presentert i kapittel 2.

5.1.1 Digitale verktøy

Kontroll og kvalitetssikring

I prosjektet ansees fagkontroll som utfordrende å gjennomføre modellbasert. Derfor utføres kontroll og kvalitetssikring innenfor de ulike fagområdene i stor grad tilsvarende som i tradisjonelle, tegningsbaserte prosjekt. Noe som særlig trekkes fram som avgjørende for dette, er at de digitale verktøyene ikke er gode nok. Verktøyene tilrettelegger ikke for at fagkontroll kan gjennomføres på en enkel og strukturert måte – særlig på byggetekniske detaljer. I tillegg ansees det som utfordrende å dokumentere at kontroll er utført, både i fagmodellene og i tverrfaglig modell. I prosjektet gjøres dette på flere måter, blant annet ved å ta skjermbilde av eventuelle feil, men det er stor usikkerhet rundt hva som er den beste løsningen. Dessuten kan mye informasjon om utført kontroll forsvinne ved konvertering mellom filformat og eksport til andre programvarer. Dette gjør at modellbasert fagkontroll oppleves som utfordrende og tidkrevende. For å sikre at krav fra Plan- og bygningsloven og Byggesaksforskrift ivaretas (Holt, 2010), fører disse utfordringene til at enkelte detaljer må kontrolleres tegningsbasert. Dette skaper behov for tegninger i tillegg til BIM-modellen, og reduserer digitaliseringsgraden i prosjektet.

Den tverrfaglige kontrollen understrekes av samtlige intervjuobjekter som mye bedre å gjennomføre modellbasert. Med alle de ulike fagområdene representert i den tverrfaglige

modellen, blir det enklere å kontrollere grensesnittene. Tverrfaglig modell er godt tilrettelagt for kollisjonstest, slik at eventuelle feil og konflikter mellom fag kan rettes opp på et tidlig stadium. I tegningsbaserte prosjekt er dette en omfattende prosess, der tegninger fra hvert fagområde må kontrolleres mot hverandre. Det er utfordrende å oppdage alle feil og kollisjoner på denne måten, som gjør at det er flere feil som ikke avdekkes før i byggefasen. Som beskrevet i Hooker (2015) sin studie om kostnader av endringer i de ulike prosjektfasene, er det mer kostbart og tidkrevende å gjøre endringer i denne fasen. Med god tverrfaglig kontroll i den tverrfaglige modellen er det mindre sannsynlig at det avdekkes feil i byggefasen – der entreprenør bruker modellen som grunnlag til bygging. Dette reduserer samtidig sannsynligheten for byggefeil. Modellen kan dermed spare ressurser i byggefasen.

Selv om de digitale verktøyene er gode nok til å gjennomføre tverrfaglig kontroll, må de forbedres en del før fagkontroll kun utføres modellbasert – uten noen tegninger som støtte. Verktøyene må være brukervennlige og enkle å bruke, samtidig som de tilrettelegger for at myndighetskrav ivaretas. Dessuten må utført kontroll i modell kunne dokumenteres på en oversiktlig måte, slik at ulike brukere raskt kan se at kontroll er utført, når det ble utført – og av hvem.

Risiko

Fra resultatene kommer det fram at risikostyringen i prosjektet også utføres med tradisjonelle metoder. Risikofaktorene i prosjektet påvirkes likevel i stor grad av at prosjektet er modellbasert. Selv om det dukker opp nye risikofaktorer knyttet til BIM-modellen, reduseres også andre typer risiko. Fra resultatene kommer det blant annet fram at risikoen for feil ved behandling av data øker, samtidig som risikoen for at prosjekterende leverer modell med feil til entreprenør reduseres betydelig. Dette har innvirkning på kvaliteten av prosjektet, i tillegg til tidsbruk og kostnader. Bruk av BIM påvirker dermed den totale projektrisikoen i prosjektet både positivt og negativt.

Selv om de digitale verktøyene i utgangspunktet tilrettelegger for enklere risikostyring, oppleves det i prosjektet som utfordrende å bruke BIM-modellen til dette formålet. Dette i samsvar med studien av Zou et al. (2015), der det kom fram at det fremdeles er en vei å gå før BIM-modellen kan brukes som verktøy til risikostyring i BA-prosjekt. Noe av dette kan skyldes at modell enda er nytt og uvant, men mye av årsaken ligger i begrensninger i verktøyene. Modellen blir tung og vanskelig å bruke dersom den inneholder for mye informasjon og detaljer, som er noe av grunnen til at mye risikoinformasjon holdes utenfor modellen. For at dette skal implementeres i BIM-modellen, er det derfor nødvendig med et støtteverktøy som tilrettelegger for at risikostyring kan utføres modellbasert. BIM har et stort potensial når det kommer til risikostyring, og kan gjøre dette betydelig enklere og bedre. Det er likevel nødvendig med en forbedring i de tilgjengelige verktøyene før modellen kan brukes til håndtering og styring av risiko, slik at dette potensialet utnyttes. Da kan informasjon om risiko legges inn i modellen i en tidlig fase og oppdateres gjennom hele prosjektløpet, og videre i FDV av bygget eller anlegget.

5.1.2 Standardisering

Standard Norge påpeker at standardisering er et viktig verktøy for å øke den digitale samhandlingen i BA-bransjen. Dette trekkes også fram av intervjuobjektene, som understreker at det eksisterer et behov for standardisering i bransjen. Som følge av manglende standarder og generelle føringer på gjennomføring av modellbaserte prosjekt, er det usikkerhet rundt hva dette i realiteten innebærer for de ulike partene i prosjektet. I tegningsbaserte prosjekt leverer prosjekterende i henhold til en tegningsnøkkel beskrevet av oppdragsgiver/byggherre, og alle parter er innforstått med hva dette innebærer. Som følge av at det ikke eksisterer en tilsvarende definisjon på hva selve leveransen skal inneholde i modellbaserte prosjekt, er dette noe som må avklares underveis. Dette kan være både tidkrevende og utfordrende – og avhenger av et godt samarbeid mellom partene. Selv om oppdragsgiver og prosjekterende i Bussveien-prosjektet kom til enighet, kan denne usikkerheten føre til konflikter. Ved utlysning av oppdrag vil dette dessuten gjøre det utfordrende for prosjekterende å prise tilbudene – noe som kan ha økonomiske konsekvenser for både oppdragsgiver og prosjekterende. Manglende definisjoner kan også føre til misforståelser når det leveres tegninger i tillegg til modellen. Dersom tegning og modell er ulike, oppstår det gjerne usikkerhet hos entreprenør som kan føre til at de bruker feil grunnlag til bygging. Dette øker sannsynligheten for byggefeil. For å redusere denne usikkerheten kan det utvikles et varslingsystem i BIM-modellen, som indikerer at det eksisterer tegning eller annen dokumentasjon knyttet til det aktuelle området – og som tydeliggjør om det er tegningen eller modellen som er gjeldende ved bygging. En standardisering i bransjen er nødvendig, både for å sikre at oppdragsgiver bestiller det samme uavhengig av prosjekt og hvilken del av landet de befinner seg i, og for å sikre at alle parter er innforstått med hva leveransen innebærer. Da er det også enklere for prosjekterende å konkurrere på lik linje.

Fra resultatet kommer det tydelig fram at BIM-modellen blir tung og utfordrende å bruke dersom alle fagmodellene har høy detaljeringsgrad og mye informasjon knyttet til sine objekter. Det kan derfor være fordelaktig å redusere detaljeringsgraden på noen objekter. Dette for eksempel ved at standardprodukter som bolter og kumlokk henvises til istedenfor å modelleres. Modellen sikrer da en total forståelse av de ulike fagområdene, uten at den blir tung å navigere i. I tillegg kan statussetting av detaljeringsgrad og ferdiggrad på de ulike objektene i modellen benyttes i større grad. Bruk av MMI kan dessuten sikre bedre kommunikasjon av ferdiggraden i de ulike fagmodellene. Dette tilrettelegger samtidig for enklere planlegging av prosjektet, der de ulike objektene kan ferdigstilles med en viss MMI-verdi til en bestemt tid. Som følge av at alle fagområdene da har utviklet sine fagmodeller til tilsvarende nivå, forbedres også den tverrfaglige kontrollen. Dette kan bidra til å heve kvaliteten på prosjektet.

Som beskrevet i resultatene er flere av tegningene som produseres av samme type. Dette er ofte detaljtegninger, som produseres for å beskrive noe som ikke kommer tydelig nok fram i BIM-modellen. Disse tegningene kan utvikles som standard, slik at de henvises til i ulike prosjekter innenfor bransjen. Dette kan redusere tidsbruk og kostnader i prosjektene, og samtidig bidra til at modellbaserte prosjekt kan gjennomføres uten tegninger.

Filformat

Med økt bruk av digitale verktøy øker også risikoen for feil ved behandling av data. Noe som trekkes fram av flere intervjuobjekt som særlig problematisk er mangelen på et felles filformat i anleggsbransjen. Dette trekkes også fram i studien av Migilinskas et al. (2013), der manglende standardisering av filformat understrekes som en viktig utfordring ved implementering av BIM i BA-prosjekter.

Mens byggebransjen har landet på IFC, har anleggsbransjen enda ikke etablert et felles, åpent filformat som standard. Fra resultatene kommer det fram at DWG derfor ble benyttet i stor grad. Som følge av at dette ikke er et åpent format, oppsto det utfordringer ved fildeling i prosjektet. Mangelen på et felles, åpent format gjør at mye informasjon forsvinner ved eksport og import som følge av inkompatibilitet mellom programvarene. Prosjekt innenfor anleggsbransjen er gjerne omfattende, og inkluderer mange aktører og fagdisipliner som bruker flere forskjellige program og digitale verktøy. De forskjellige verktøyene er optimalisert til sitt bruk, som kan gjøre det utfordrende å enes om ett spesifikt filformat som fungerer optimalt for alle parter. Det er likevel nødvendig at bransjen enes for å redusere mye av problematikken rundt konvertering av filer og eksport mellom programmer. Filformat må være en bransjestandard, slik at de ulike programvareleverandørene kan tilpasse sine verktøy til å håndtere eksport og import til andre program på dette formatet – uten at noe informasjon forsvinner på veien.

5.1.3 Individ

Det å gå fra tegningsbaserte til modellbaserte prosjekt er en stor overgang. Det har stor innvirkning på hvordan prosjekt gjennomføres, og innebærer endring i måten mange arbeider på. Det ligger i menneskets natur å være skeptiske til endring, særlig når det innebærer endring av vaner og rutiner som er opparbeidet over flere år. Holdningen til ansatte hos de ulike aktørene er derfor avgjørende for å oppnå en suksessfull overgang til modellbasert prosjekt og økt digitalisering i bransjen.

Kunnskap og kompetanse

Selv om noen i prosjektet har arbeidet mye med BIM og digitale verktøy tidligere, er dette nytt for flere. Manglende kunnskap og kompetanse gjør verktøyene utfordrende å bruke, og prosjektet får ikke utnyttet det fulle potensialet i disse. Med en så detaljert BIM-modell kan det være utfordrende å oppfatte all informasjonen, slik at eventuelle feil eller annen viktig informasjon blir oversett. Dette kan føre til feilprosjektering, og kan ha store konsekvenser for økonomi, fremdrift og sikkerhet i prosjektet. Som følge av manglende kjennskap til de digitale verktøyene, kan det dessuten oppstå situasjoner der disse stoles for mye på – og brukerne antar at verktøyet vil korrigere eventuell feil bruk. Dette vil derimot føre til dårlige prosjektering, og øke sannsynligheten for feil i den endelige leveransen. Verktøyene kan i stor

grad bidra til å redusere projektrisiko, men dette forutsetter riktig bruk. Det er derfor avgjørende at alle prosjektdeltakerne har god kompetanse i bruk av BIM og digitale verktøy, og kjenner begrensninger og muligheter ved disse.

Fra resultatene kommer det fram at både oppdragsgiver og prosjekterende var pådrivere for høy grad av digitalisering i prosjektet. Internt hos de to aktørene var det likevel blandede følelser når det kom til bruk av modell – der noen var mer positive enn andre. Dette kom tydeligst fram ved kompetanseoverføringen mellom junior og senior. For at senior skal kunne kontrollere det junior har gjort i fagmodellene, er det helt avgjørende at senior også kan å bruke BIM. Både oppdragsgiver og prosjekterende er derfor avhengig av at alle som er med i prosjektet er læringsvillige, og generelt positive til modellbasert prosjektering.

Rutiner og vaner

Selv om prosjektet har en høy grad av digitalisering, er det flere prosesser som utføres tilsvarende som i tegningsbaserte prosjekt. I tillegg produseres det en god del tegninger, selv om prosjektet i utgangspunktet skulle være tegningsløst. Mye av dette er en følge av at modellbaserte prosjekt enda er relativt nytt innen samferdsel, og at det derfor ikke er godt nok tilrettelagt for å gjennomføre prosjektet fullstendig modellbasert.

Tegningsbaserte prosjekt har blitt gjennomført i flere år, og det er utarbeidet gode rutiner og beskrivelser for hvordan slike prosjekt skal gjennomføres. Fra funnene trekkes det blant annet fram at Multiconsult har en godt etablert prosedyre for gjennomføring av tegningsbasert kontroll, som brukes som grunnlag i alle tegningsbaserte prosjekt. DDS-håndboken og tilsvarende beskrivelser for modellbasert kontroll er derimot ikke like godt etablert. Fra resultatet framkommer et stort behov for forbedring av eksisterende rutiner og utvikling av god, felles arbeidsmetodikk for utføring av modellbasert kontroll og kvalitetssikring. Eksisterende rutiner og prosedyrer understrekes å være mangelfulle, noe som gjør at flere ser bort fra disse, særlig ved fagkontroll. Uten faste rutiner å følge blir det opp til hver enkelt å finne den beste løsningen, noe som kan være tidkrevende. Som nevnt tidligere skaper også begrensninger i de tilgjengelige verktøyene problemer. Dette gjør at spesielt fagkontroll oppleves som mer utfordrende i modell enn på tegning, noe som kan føre til skepsis blant brukerne. Dette gjør det lett å falle tilbake på tradisjonelle metoder. Tegningsbasert fagkontroll har blitt en vanesak for mange og de eksisterende rutinene er enkle å følge, slik at dette kan gjøres uten for mye hodebry. Det vil dessuten være en terskel å overkomme for de som ikke har arbeidet like mye med BIM tidligere. Dette gjør at flere ikke ser den fulle verdien av å gjennomføre prosjekt modellbasert – og kan skape holdningsproblemer blant de ansatte. Som det understrekes i resultatet, vil de fleste som i utgangspunktet er negative til bruk av modell endre mening etter de har tatt det i bruk.

Det er dessuten ikke utviklet metoder for å håndtere de nye risikofaktorene som dukker opp som følge av at prosjektet gjennomføres modellbasert. I BA-bransjen er identifisering av risikofaktorer i stor grad en manuell oppgave, basert på erfaring hos den som håndterer risiko.

Med få modellbaserte prosjekt å vise til, kan det være utfordrende å forutse de nye risikofaktorene på forhånd. Manglende rutiner og retningslinjer, sammen med manglende kunnskap og kompetanse når det kommer til bruk av BIM, trekkes fram som avgjørende for at risikostyringen i stor grad også utføres som i tegningsbaserte prosjekt. I en overgangsfase mellom tegningsbaserte og modellbaserte prosjekt må det gjerne brukes ekstra ressurser i oppstartsfasen på å planlegge risikostyringen og på å identifisere risikofaktorer. Dette for å sikre en optimal risikostyring gjennom hele prosjektløpet.

For å oppnå en optimal overgang til modellbaserte prosjekt, er det nødvendig at både bransjen og de ulike aktørene utvikler tydelige rutiner og gjennomføringsmodeller. Dette gjelder særlig for hvordan kontroll skal utføres i modell, men også for hvordan risikostyring og andre prosesser skal gjennomføres modellbasert. Disse må være oversiktlig og enkle å følge. Eksisterende dokumenter og veiledere må oppdateres etter hvert som mer kunnskap og erfaring opparbeides, slik at gode rutiner og veiledere kan utvikles. Etter hvert som det gjennomføres flere modellbaserte prosjekt, blir brukerne mer vant til de modellbaserte prosessene – som vil gjøre de enklere og mindre tidkrevende å utføre. Dette vil bidra til å redusere eventuell skepsis forbundet med BIM og digitale verktøy.

Tidsbruk og kostnadseffektivitet

Fra resultatene kommer det fram at prosjekteringen har vært mer tidkrevende i prosjektet. I tegningsbaserte prosjekt blir BIM gjerne brukt som hjelpeverktøy, mens leveransen består av tegninger som entreprenør bygger etter. I dette prosjektet er derimot leveransen modellbasert. Modellen må derfor være mer detaljert og informasjonsrik, slik at entreprenør kan bruke denne som grunnlag til bygging. Detaljeringsgraden i modellen trekkes fram som hovedårsaken til at prosjekteringen tar lengre tid. Modellbaserte prosjekt er fremdeles nytt for mange, som gjør at det dessuten går mye tid til å bli kjent med de digitale verktøyene – og finne nye metoder å gjennomføre prosesser på. Samtidig vil modellen bidra til at avgjørelser tas raskere. Den tverrfaglige modellen gir en tydelig visualisering av prosjektet, som gjør det enkelt for de ulike aktørene, i tillegg til utenforstående, å forstå omfanget og dermed fatte beslutninger raskere. Denne visualiseringen gjør det dessuten lettere å identifisere risikofaktorer knyttet til prosjektrisiko, og bidrar til å optimalisere ressursbruken. I prosjektet brukes dog en god del ressurser på å produsere tegninger. Noen av disse tegningene er nødvendige, men noen er også overflødige og skaper ekstra arbeid.

Økt prosjekteringstid øker også kostnadene forbundet med prosjekteringen. Dersom kun prosjekteringsfasen vurderes, er det dermed lite fordeler med bruk av BIM med tanke på tid og kostnader. BIM gir likevel en betydelig fordel i senere faser. Som følge av at prosjekterende produserer en mer detaljert modell, avdekkes flere feil i prosjekteringsfasen istedenfor i byggefasen. Slik utvikler prosjekterende bedre løsninger med høyere kvalitet, og entreprenør får levert et mye bedre grunnlag til bygging. Mye ressurser spares derfor inn i byggefasen, som gjør at prosjektet totalt sett vil være besparende. Dette underbygger gevinstpotensialet Byggenæringens landsforening (2017) kom fram til i sin studie av en

eventuell heldigitalisering av BAE-næringen. Behovet for en svært detaljert og informasjonsrik modell påvirker også arbeidsfordelingen i prosjektet, med tanke på hvor mye som skal være ferdig prosjektert i leveransen og hvor mye entreprenøren løser selv på bygge- eller anleggsplassen.

5.1.4 Organisasjon

BA-bransjen er omfattende og involverer mange ulike aktører. Det er nødvendig at alle omfavner digitalisering og bruk av BIM for å sikre en utvikling i bransjen. Skepsis blant enkelte aktører kan trekkes fram som avgjørende for at prosjektet ikke er mer digitalisert, og at det leveres så mange tegninger i tillegg til modellen. I resultatet trekkes Stavanger kommune fram som særlig usikre til modell, som gjør at de krever tegninger på alt de skal godkjenne. Dette innebærer særlig mye innen VA – som er en stor del av leveransen i prosjektet. Skepsis og usikkerhet blant de ulike aktørene vil sannsynlig reduseres etter hvert som flere prosjekt gjennomføres modellbasert og verdien av digitaliseringen kommer fram. Da vil det også kreves mindre tegninger, som hever digitaliseringsgraden i prosjekt samtidig som det på sikt tilrettelegger for gjennomføring av tegningsløse prosjekt.

Som nevnt tidligere, gjør den nye arbeidsfordelingen i prosjektet at flere feil avdekkes i prosjekteringsfasen, slik at entreprenør bruker mindre tid på å diskutere feil med prosjekterende og oppdragsgiver/byggherre. Dette tilrettelegger for en mer effektiv byggefase, som vil redusere både tid og kostnader. Den nye arbeidsfordelingen skaper likevel noen utfordringer. Som følge av at feil som normalt avdekkes i byggefase nå avdekkes i prosjekteringsfasen, må oppdragsgiver og prosjekterende gjøre flere vurderinger og tilpasninger som i tegningsbaserte prosjekt gjerne tas av entreprenør. Dette kan være utfordrende for oppdragsgiver og prosjekterende som ikke har samme erfaring og kunnskap når det kommer til bygging og utførelse som det entreprenør har. Dette kan også være en utfordrende endring for entreprenør, særlig for de som har vært i bransjen i lengre tid og som er vant til å gjøre vurderinger og tilpasninger etter behov på byggeplass. Entreprenør må endre måten de arbeider på – både for å tilrettelegge for den nye arbeidsfordelingen og for å ta i bruk nye digitale verktøy som muliggjør tegningsløse byggeplasser. Dette krever samtidig en endring hos prosjekterende, som må prosjektere mer og med høyere detaljeringsgrad enn i tegningsbaserte prosjekt. Dersom denne overgangen ikke legges godt nok til rette for, kan dette skape holdningsproblemer og motvilje til endring, særlig hos entreprenør. For å håndtere den nye arbeidsfordelingen, er det nødvendig å ha åpen dialog og tett samarbeid mellom oppdragsgiver, prosjekterende og entreprenør for å sikre at optimale løsninger utvikles. Dette sikrer også utveksling av erfaring og kompetanse, og entreprenør får levert en mest mulig byggbar modell fra prosjekteringsfasen.

Mens modellbaserte prosjekt enda er nytt og uvant må det gjerne tvinges litt fram. Oppdragsgiver må da være spesifikke når de bestiller oppdraget, og det kan være nødvendig å stille krav til prosjekterende og entreprenør om bruk av BIM. Dette kan likevel være utfordrende som følge av at oppdragsgiver må opprettholde krav fra Lov om offentlige

anskaffelser og Byggherreforskriften. Disse skal blant annet sikre likebehandling og ikke-diskriminering ved utlysning og gjennomføring av konkurranse. Dersom oppdragsgiver stiller krav til høy grad av digitalisering hos prosjekterende og entreprenør, kan det oppstå en situasjon der flere selskaper utestenges fra konkurransen som følge av at de ikke har implementert BIM og andre digitale verktøy i sin organisasjon. Ved å stille for høye krav til digitalisering kan dermed oppdragsgiver bryte likebehandlingsprinsippet og hindre konkurranse. De ulike aktørene kan derimot stille krav til implementering av BIM i sin organisasjon, og utarbeide styringsdokument som tilrettelegger for optimal gjennomføring av modellbaserte prosjekt. Aktørene gjør da tiltak som øker digitaliseringen internt, som dermed gjør at de stiller sterkere i konkurranse. Slik endres også bransjen. En slik omstilling er likevel krevende, og det må påregnes tid og noen forsøk før verdien av modellbaserte prosjekt kan utnyttes fullt ut. Mye av motivasjonen for økt digitalisering i BA-bransjen er lav produktivitet og dårlig utnyttelse av ressurser. Modellbaserte prosjekt er et godt tiltak for å snu denne trenden, og for å realisere potensialet som identifisert av Bygg21 (2014) for å kutte kostnader i BAE-næringen med 20 % innen utgangen av 2020. Dette prosjektet preges likevel av at bransjen er i en overgangsfase mellom tegningsbaserte og modellbaserte prosjekt, der det brukes mye tid og ressurser på å finne ut av nye måter å gjennomføre prosesser på.

5.2 Barrierer for digitalisering i BA-bransjen

I studien utført av MIT Center for Digital Business og Capgemini Consulting (2011) ble tre barrierer som særlig hindrer digital transformasjon i bedrifter identifisert. Dette inkluderte manglende kunnskap, holdninger blant de ansatte og IT-problemer. Fra funnene i denne studien kan tilsvarende barrierer trekkes fram som avgjørende for å oppnå digitalisering innen BA-bransjen: digitale verktøy, holdninger og kunnskap. I tillegg viser funnene at standardisering også kan trekkes fram som en viktig barriere.

5.2.1 Digitale verktøy

De digitale verktøyene må legges til rette for en mer effektiv prosjektgjennomføring. Disse må være enkle å bruke, og gi samme (eller bedre) resultat på kortere tid med mindre bruk av ressurser. I studien av MIT Center for Digital Business og Capgemini Consulting (2011) framkommer derimot store mangler ved IT-verktøyene til tross for at dette er en grunnleggende del av de digitale evnene til et selskap. De tilgjengelige verktøyene i dagens BA-bransje har også store mangler, som gjør det utfordrende å utnytte potensialet som observert i studien om bruk av BIM ved Stanford University (Chien et al., 2014). Det er flere områder der de digitale verktøyene er ypperlige, som ved tverrfaglig kontroll, men de tydelige begrensningene ved andre prosesser gjør verktøyene upålitelige. Selv om BA-prosjekt er modellbaserte, gjør dette at flere prosesser gjennomføres som i tegningsbaserte prosjekt. I tillegg er det flere detaljer som er utfordrende å få inn i BIM-modellen, som gjør at det gjerne produseres tegninger som kompensasjon.

To prosesser som ansees som særlig utfordrende å utføre i modell med dagens verktøy er fagkontroll og risikostyring. Programmene har ikke verktøy som tilrettelegger for at fagkontroll kan utføres og dokumenteres på en enkel og strukturert måte i fagmodellene, som gjør at hver enkelt som utfører kontroll bruker mye ressurser på å finne beste løsning. Dette er utfordrende og tidkrevende, og gjør det lett å falle tilbake på tegningsbasert kontroll. Risikostyring holdes gjerne helt utenfor BIM-modellen, og Excel er typisk det verktøyet som brukes mest til å håndtere prosjektrisiko. BIM-modellen blir tung og utfordrende å bruke dersom all risikoinformasjon inkluderes, noe som gjør det nødvendig å benytte et støtteverktøy ved siden av BIM-modellen. Per nå finnes det ikke støtteverktøy som er gode nok til at risikostyring kan implementeres i modellen, selv om dette kunne gi store fordeler for håndtering og styring av risiko gjennom hele prosjektløpet (Chien et al., 2014; Tomek & Matějka, 2014; Zou et al., 2015).

Dersom programmene har verktøy som tilrettelegger for at prosesser kan utføres i BIM-modellen, er ikke disse nødvendigvis enklere eller bedre enn de tradisjonelle metodene. I Bussveien-prosjektet ble det pekt på enkelte løsninger og detaljer som var mindre tid- og kostnadskrevende å tegne enn å modellere, og det oppsto situasjoner der flere valgte å heller lage en kjapp tegning enn å modellere dette i BIM. Slik oppstår det gjerne usikkerhet om det egentlig er nødvendig å gjennomføre prosjekt modellbasert, samtidig som at det kan øke terskelen for å ta i bruk de digitale verktøyene. Begrensninger i de digitale verktøyene kan dermed hindre digitaliseringen i prosjekt, og i bransjen generelt. Slik som situasjonen er i dag kan en god løsning være å sette krav om at modellen skal være *master*, mens det ved behov kan genereres hjelpetegninger. En betydelig forbedring i de digitale verktøyene er nødvendig for at bransjen skal digitaliseres i større grad, og for å på sikt realisere tegningsløse prosjekt.

5.2.2 Kunnskap

Det kan være lett å skylde på de digitale verktøyene, men manglende kunnskap blant brukerne er en viktig barriere for digitalisering. Dette kommer også fram i digitaliseringsstudien utført av Norsk Industri og Siemens (2016), der kunnskapsnivå hos brukerne understrekes som den viktigste barrieren for digitalisering i bedrifter. Flere av fordelene ved de digitale verktøyene og bruk av BIM kommer ikke fram dersom de blir brukt feil. Det krever en viss innsats for å bli kjent med verktøyene, og forstå omfanget og mulighetene de tilbyr. Dersom denne innsatsen ikke legges til grunn, har brukerne gjerne for lite kunnskap til å utnytte det fulle potensialet av verktøyene. Da framstår de digitale verktøyene enda mer mangelfulle, og terskelen for å ta i bruk disse blir enda høyere.

Manglende kunnskap kan dessuten føre til brukerfeil – både ved at informasjon legges inn feil i modellen, og ved at feil i modellen ikke oppdages. Uten forståelse av begrensningene i de digitale verktøyene, kan det oppstå situasjoner der brukere stoler for mye på disse. Dette kan ha store konsekvenser, og derimot føre til flere feil og dårligere prosjektering. Usikkerhet og manglende kjennskap til verktøyene kan dessuten gjøre at flere velger tegningsbaserte metoder. Da faller noen fagområder utenfor BIM-modellen, som videre påvirker andre

prosesser i prosjektet. Eksempelvis vil dette gjøre tverrfaglig kollisjonstest svært mangelfull. Manglende kunnskap hos bare noen få påvirker dermed hele prosjektet, og setter store begrensninger for digitaliseringen.

5.2.3 Holdninger

Digitalisering er ikke nødvendigvis en enkel prosess. Det innebærer endringer, både i måten flere jobber på og i rutiner og vaner som har blitt opparbeidet over flere år. Selv om EVERY Survey (2018) sin studie viser at nordmenn er generelt positive til digitalisering, kan slike endringer være utfordrende og tidkrevende. Dette kommer også fram i studien utført av IDC, der det understrekes at digitalisering handler mindre om den digitale teknologien og mer om personer og deres holdninger til teknologien (Toomey, 2018). Gode holdninger blant brukerne og aktørene i BA-bransjen er avgjørende ved innføring av digitalisering. Med skepsis til digitalisering og modellbaserte prosjekt, er det lett å avfeie dette som lite effektivt. I studien utført av Migilinskas et al. (2013) trekkes skepsis til bruk av BIM og lave forventninger til forbedret prosjektgjennomføring fram som særlig utfordrende ved implementering av BIM i BA-prosjekter. Digitalisering må derfor gjerne tvinges litt gjennom før nytteverdien kommer fram.

Dersom det skal være en utvikling i bransjen, er det nødvendig at oppdragsgiver er pådriver for digitalisering, og tilrettelegger for gjennomføring av modellbaserte prosjekt. Prosjekterende og entreprenør må gjøre tiltak for å implementere BIM og digitale verktøy i sin organisasjon, og sette krav til sine ansatte om å tilegne seg ny kunnskap som øker deres kompetanse. Det er dessuten nødvendig at nøkkelpersoner innad i prosjektene er pådrivere for digitalisering, og kan bistå med å finne løsninger i modell dersom det oppstår usikkerhet og utfordringer. Ved å sette krav til digitalisering, tvinges også de som er skeptiske og tilbakeholden til å bli kjent med de digitale verktøyene. Med mer bruk øker kunnskapen og kompetansen, og potensialet i verktøyene kan utnyttes i større grad. Da blir også neste modellbaserte prosjekt enklere å gjennomføre.

5.2.4 Standardisering

I BNL sitt digitale veikart fra 2017 understrekes standarder, digitale lover og regler som de viktigste forutsetningene for å sikre en samlet digitalisering av BAE-næringen (Cobuilder, 2018). Dette underbygger funnene i denne studien, der det kommer fram at standardisering, både i bransjen generelt og innad i organisasjonene, er avgjørende for å oppnå digitalisering i BA-bransjen. Dette vil samtidig forbedre samarbeidet mellom aktørene, og gjøre det enklere å utnytte de digitale verktøyene.

Slik situasjonen er i dag oppstår det uenighet blant aktørene når det kommer til hva leveransen i et modellbasert prosjekt skal inneholde. Dette gir en situasjon der oppdragsgiver

er usikre på hva de skal bestille, prosjekterende er usikre på hva de skal levere, og entreprenør er usikre på hva de skal bruke som grunnlag til bygging. Det blir da mye fram og tilbake mellom aktørene for å bli enige, noe som er lite effektivt. En bransjestandard som tydelig definerer innholdet i leveransen er derfor nødvendig. Da vet alle aktører hva de kan forvente, og hva som forventes av dem, noe som sikrer en effektiv prosjektgjennomføring.

Innen anleggsbransjen er dessuten mangelen på et standard filformat en stor utfordring. Jensen og Kirkhorn (2015) påpeker i sin artikkel at en standardisering av utvekslingsgrensesnitt er helt nødvendig, også innen anleggsbransjen. Byggebransjen har etablert IFC som et standard, åpent filformat, som tilrettelegger for fildeling mellom program slik at ulike fagområder enkelt kan dele informasjon uavhengig av programvare. Innen anleggsbransjen brukes derimot ulike filformat som ikke nødvendigvis er compatible, som gjør at mye informasjon går tapt ved konvertering. I Bussveien-prosjektet brukes hovedsakelig DWG-filer som utvekslingsformat. Dette fungerer til en viss grad, men inkompatibilitet med enkelte program gjør dette lite optimalt. Dette begrenser bruken av de digitale verktøyene. Det er derfor nødvendig at bransjen enes om ett felles format som tilrettelegger for enklere deling av filer mellom ulike fag og aktører.

Det er også nødvendig med en standardisering på organisasjonsnivå. Dette i form av prosedyrer, rutiner og styringsdokument for gjennomføring av ulike prosesser og løsninger i modell. Statussetting for detaljeringsgrad på objektene i de ulike fagmodellene burde også implementeres, slik at den tverrfaglige modellen ikke blir unødvendig tung og utfordrende å bruke. I tillegg burde MMI brukes i større grad, slik at de ulike fagområdene får enklere oversikt over hverandres framgang. Innad hos de ulike aktørene bruker nå enkeltpersoner mye tid og ressurser på å finne gode framgangsmåter i modell, både i mangel på rutiner og fordi eksisterende gjennomføringsmodeller viser seg å ikke være beste praksis. Mye ressursbruk kan reduseres dersom det etableres gode prosedyrer som er enkle å følge. Da kan disse ressursene heller brukes på å optimalisere og forbedre løsninger, slik at resultatet og leveransen i prosjektet blir av høyere kvalitet. Den digitale utviklingen er rask, og det er viktig at organisasjoner arbeider med å holde seg oppdatert. Utarbeidede standarder og styringsdokumenter må oppdateres etter hvert som kunnskap og erfaring opparbeides, og tilpasses utviklingen i bransjen.

5.3 Tiltak for digitalisering i BA-bransjen

Funnene i studien indikerer at de identifiserte barrierene er viktige faktorer i digitaliseringen av BA-bransjen. Barrierene påvirker hverandre, og en forbedring på ett område vil derfor heve digitaliseringsgraden i hele prosjektet. Det kan hevdes at forbedring i de digitale verktøyene, sammen med standardisering både i bransjen og på organisasjonsnivå, er viktige tiltak som tilrettelegger for økt digitalisering. Med gode rutiner og brukervennlige verktøy kan det antas at mye av utfordringene og skepsisen forbundet med BIM og modellbasert

prosjektgjennomføring forsvinner. Da kan gode holdninger opparbeides, samtidig som verdien av modellbaserte prosjekt kan komme tydeligere fram.

Datateknologi og digitale verktøy er i stadig utvikling, og vil påvirke bransjen i større grad framover. For at verktøyene som utvikles skal være best mulig tilpasset bruksområdet, er det nødvendig med dialog mellom aktørene og programvareleverandørene. Da kan mangler og utfordringer ved de digitale verktøyene forbedres, slik at de blir brukervennlige og optimalisert til sitt bruk. Slik kan programvarene og de digitale verktøyene raskere utvikles i riktig retning. For Multiconsult vil dette særlig innebære å sikre optimal utvikling av verktøy forbundet med modellbasert fagkontroll og kvalitetssikring innen de ulike fagområdene. Det burde dessuten fokuseres på forbedring i verktøy som tilrettelegger for at risikostyring og andre prosesser som nå utføres tradisjonelt kan overføres til BIM-modellen.

Flere standarder er under utvikling i BA-bransjen, blant annet to nye standarder for bruk av BIM som blir lansert i løpet av 2019. Etter hvert som nye standarder lanseres, er det viktig at disse tas i bruk på tvers av bransjen. De ulike aktørene må tilrettelegge sine styringssystem slik at standardene enkelt kan benyttes i prosjekter. Aktørene må dessuten tilpasse interne rutiner til de nye standardene. Rutinene må også tilpasses utviklingen av de digitale verktøyene, og tilrettelegge for enkel bruk av digitale verktøy i prosjekter. Det kan antas at gode standarder og rutiner gjør det enklere å ta i bruk de digitale verktøyene, samtidig som dette kan sikre raskere utvikling av kunnskapsnivå og kompetanse blant brukerne. I første omgang må Multiconsult spesielt fokusere på enkle rutiner for gjennomføring og dokumentasjon av modellbasert kontroll og kvalitetssikring. Med en forbedring av de digitale verktøyene vil det videre være nyttig med rutiner som beskriver andre prosesser i modell, slik at det fulle potensialet i modellen kan utnyttes. Multiconsult må dessuten implementere de nye standardene som er i utvikling i bransjen, og være en god samarbeidspartner i denne utviklingen.

For å oppnå digitalisering i BA-bransjen er et godt samarbeid mellom de ulike aktørene avgjørende. Med modellbaserte prosjekt endres gjerne organiseringen av prosjektet, som gjør at vurderinger må tas i en tidligere fase. Aktørene må da være villige til å dele kunnskap og erfaringer, slik at riktige avgjørelser tas til rett tid. Med endring i arbeidsfordeling fra byggefase til prosjekteringsfase, er det avgjørende at Multiconsult sikrer god dialog med både oppdragsgiver og entreprenør. Dette for å sikre nødvendig kompetanse i beslutningstakingen og utviklingen av leveransen i prosjekteringsfasen.

For å realisere digitaliseringen er det nødvendig å sette krav til bruk av digitale verktøy og industrielle metoder. Det må dessuten tilrettelegges for BIM på et åpent format, slik at modeller kan deles med alle aktører gjennom hele prosjektløpet. Da kan BIM-modellen berikes underveis, og tilrettelegge for at det etableres en digital tvilling. Som nevnt i kapittel 2, har BIM fått mye fokus til nå – mens digital tvilling ansees som det neste steget i digitaliseringen av bransjen. Med stor variasjon i bruk av BIM, kan det likevel virke som det gjenstår mye før digital tvilling er en realitet – særlig innen anleggsbransjen. I første omgang

5 DISKUSJON

kan det være nok å fokusere på implementering av de eksisterende digitale verktøyene, og at BIM brukes i større grad og i alle faser av prosjektet.

5 DISKUSJON

6 Konklusjon

Denne masteroppgaven ble utført for å oppnå bedre forståelse av digitalisering i BA-bransjen, og undersøke hvordan bransjen påvirkes av innføring av digitalisering. Gjennom en casestudie av et veiprojekt ble det undersøkt hvordan modellbaserte prosjekt utføres i praksis i dag, og barrierer for innføring av digitalisering ble forsøkt avdekket. Digitalisering har et stort potensial og kan øke produktiviteten i bransjen, men de ulike aktørene har fremdeles et stykke å gå før dette kan utnyttes i full grad. Det kan derfor antas at tematikken i denne oppgaven er relevant for videre forskning. En ytterligere forståelse av konsekvensene av digitalisering kan bidra til å tilrettelegge for en enklere overgang fra tegningsbaserte til modellbaserte prosjekt – og på sikt også gjennomføring av tegningsløse prosjekt.

I studien ble det undersøkt hvordan digitalisering påvirker kontroll og kvalitetssikring i prosjektet, i tillegg til risikostyring. Funnene viser at intern fagkontroll oppleves mer utfordrende og tidkrevende å gjennomføre modellbasert. Det kan trekkes fram flere årsaker til dette: begrensninger i de digitale verktøyene, manglende kunnskap i BIM-modellen, i tillegg til manglende rutiner og tilpassede styringsdokument. Funnene viser videre at dette skapte behov for tegninger, særlig ved kontroll på detaljnivå, og for å sikre at myndighetskrav ivaretas. Fra studien framkom samtidig store fordeler ved tverrfaglig kontroll. Med alle fagområder representert i én tverrfaglig modell, visualiseres kollisjoner og konflikter tydelig. Funnene viser at det slik er enklere å kontrollere grensesnittene med tverrfaglig modell, i tillegg til at det tilrettelegger for bedre samarbeid i prosjektet.

Studien viser videre at risikostyring påvirkes i mindre grad av digitalisering. Håndtering og styring av risiko utføres tilsvarende som i tegningsbaserte prosjekt, og holdes utenfor BIM-modellen. Digitaliseringen påvirker likevel flere risikofaktorer i prosjektet, der noen nye dukker opp samtidig som andre reduseres. Funnene viser blant annet at risiko for feil ved behandling av data øker, mens risiko for feil i grunnlaget til bygging reduseres betraktelig. Samtidig gjør den tydelige visualiseringen i BIM-modellen det enklere å identifisere og vurdere risikofaktorer, i tillegg til at dette gir kraftig reduksjon i risiko forbundet med grensesnitt mellom fag.

Fra studien kommer det videre fram at de digitale verktøyene forbedrer prosjektgjennomføringen på flere måter. 3D-visualiseringen gjør BIM-modellen svært intuitiv, slik at det er lettere å forstå informasjonen. Dette gjør det enkelt, både for personer innad i prosjektet og for utenforstående, å sette seg inn i prosjektet. Funnene viser at vurderinger og avgjørelser slik tas raskere, med bedre kontroll over utfallet. BIM er dessuten et utmerket verktøy for samhandling og samarbeid. Med BIM samles all informasjon på ett sted, noe som tilrettelegger for at de ulike fagområdene enkelt kan ta hensyn til hverandre og jobbe sammen om en felles løsning. Funnene viser at denne forbedringen i samhandling gjør at prosjekterende utvikler et produkt med høyere kvalitet, noe som fører til mindre feil og

bedre ressursutnyttelse i senere faser. Digitalisering tilrettelegger dermed for en mer effektiv prosjektgjennomføring.

I studien ble det identifisert fire barrierer som gjør digitalisering i BA-bransjen utfordrende: digitale verktøy, kunnskap, holdninger og standardisering. Funnene viser at begrensninger i de digitale verktøyene gjør flere prosesser utfordrende å overføre til BIM-modellen, og skaper behov for tegninger i tillegg til modellen. Det eksisterer også store utfordringer forbundet med filutveksling mellom de ulike programvarene – særlig innen anleggsbransjen. Funnene viser videre at manglende kunnskap i de digitale verktøyene dessuten fører til brukerfeil, som gjør at potensialet i verktøyene ikke utnyttes. For å øke dette kunnskapsnivået er gode holdninger, både innad i organisasjonen og blant aktørene, avgjørende. I studien kommer det også fram at manglende standardisering i bransjen skaper usikkerhet blant aktørene rundt hva digitalisering innebærer for dem, og hvordan de skal tilrettelegge sin organisasjon for modellbasert prosjektgjennomføring. Fra funnene framkommer særlig behov for standardisering av leveransen i modellbaserte prosjekt, detaljeringsgrad i BIM-modellen og filformat for eksport mellom programvarer.

Av studien kan det konkluderes at BA-bransjen i stor grad påvirkes av innføringen av digitalisering – og de fordeler og ulemper dette fører med seg. Flere aspekter ved modellbaserte prosjekt fungerer utmerket i dag. Stor forbedring i visualisering og samhandling gjør at prosjektet i tidlige faser kan utvikles med høyere kvalitet, og med bedre kontroll over det endelige resultatet. Dette tilrettelegger for en mer effektiv prosjektgjennomføring, som gjør modellbaserte prosjekt besparende i forhold til tegningsbaserte prosjekt. Potensialet i digitaliseringen utnyttes likevel ikke fullt ut, og det er flere utfordringer som må tas tak i før dette er en realitet. Flere viktige prosesser er utfordrende å utføre modellbasert, noe som gjør at de tegningsbaserte metodene ikke kan legges helt bort. Utfordringer ved de digitale verktøyene gjør også at enkelte tegninger ikke kan erstattes av BIM-modellen. Digitalisering krever endring i hele bransjen, og avhenger av at alle aktørene samarbeider og tilrettelegger sin organisasjon for denne utviklingen. Et godt utgangspunkt for å øke digitaliseringen vil være å arbeide aktivt med de fire barrierene identifisert i studien. Vi anbefaler videre forskning å undersøke de aktuelle funnene utover begrensningene i denne oppgaven, og forsøke å oppnå ytterligere forståelse av digitaliseringen i BA-bransjen.

6.1 Begrensinger ved studien og forslag til videre forskning

Noen begrensninger ved studien må bemerkes. Dette kommer i tillegg til begrensningene ved metoden, som presentert i kapittel 3.

Digitalisering er et omfattende fenomen. Ut i fra situasjonen det sees i sammenheng med, kan digitalisering ha mange betydninger med ulike følger. Det var derfor nødvendig å begrense omfanget av begrepet. I denne oppgaven ble det kun fokusert på digitalisering innen BA-

bransjen, herunder bruk av BIM og gjennomføring av modellbaserte og tegningsløse prosjekt. For en mer omfattende forståelse av digitalisering kan fremtidig forskning også inkludere andre aspekter. Eksempelvis vil det være interessant å undersøke *Virtual Design and Construction* (VDC) som arbeidsmetodikk, og hvordan dette tilrettelegger for bruk av BIM og tverrfaglig samhandling.

Det ble dessuten ansett som nødvendig å avgrense omfanget av risikobegrepet. I likhet med digitalisering er også risiko svært omfattende, og kan påvirke flere aspekter ved prosjektgjennomføringen. Blant intervjuobjektene var det ingen som arbeidet med risikostyring, og det ble brukt en generell forståelse av risiko i intervjuene. I forundersøkelsene kom det fram at risikofaktorer knyttet til tid, kostnad og kvalitet ble mest påvirket ved overgangen fra tegningsbaserte til modellbaserte prosjekt. I studien ble det derfor naturlig å begrense omfanget til projektrisiko. I fremtidig forskning kan det være interessant å utvide studien til å også undersøke påvirkningen modellbasert prosjekt har på risikofaktorer knyttet til anleggsgjennomføringen.

Denne studien har foregått i et begrenset tidsrom, noe som har avgrenset omfanget av oppgaven. Som følge av dette ble kun det mest relevante av tematikk undersøkt, og kun et visst antall prosjektdeltakere ble intervjuet. Selv om åtte intervjuobjekter ansees som tilstrekkelig for å få et bredt perspektiv på problemstillingen, kan enkelte meninger og synspunkt som kom fram i intervjuene være unike og ikke generelt gjeldende. For å redusere sannsynligheten for dette, kan en anbefaling videre være å utføre tilsvarende intervju på flere prosjektdeltakere med lignende stillinger i prosjektet. Da kan de ulike meningene verifiseres, i tillegg til at flere synspunkt gjør det enklere å generalisere slutningene. Som følge av denne avgrensningen ble det i studien dessuten særlig fokusert på kontroll og kvalitetssikring, i tillegg til risikostyring. Dette er to prosesser som er avgjørende for optimal prosjektgjennomføring. Det finnes likevel flere andre prosesser og metoder som også må fungere optimalt, som for eksempel framdriftsplanlegging. I videre forskning anbefales det derfor å utvide tematikken til å også inkludere andre metoder og prosesser som er viktige for prosjektgjennomføringen, og undersøke hvordan disse utføres i modellbaserte prosjekt.

Prosjektet som ble undersøkt i casestudien er et samferdselsprosjekt. De funnene og slutningene som ble tatt er derfor med anleggsbransjen som utgangspunkt. Slike prosjekt er gjerne større i omfang enn prosjekt innen byggebransjen, og dette kan være noe av grunnen til at byggebransjen generelt har en noe høyere grad av digitalisering i sine prosjekt. Det kan likevel antas at de funn som blir gjort innen anleggsbransjen er overførbare til byggebransjen. For å underbygge overførbarheten kan prosjektet i denne studien sammenlignes med et prosjekt innen byggebransjen med tilsvarende grad av digitalisering. Studien kan dessuten utvides til å inkludere flere casestudier. Yin (2014) anbefaler at det ved fler-casestudier burde utføres 6-10 studier for å sikre overbevisende og generaliserende slutninger. Dette kan være studier av ulike prosjekt innen BA-bransjen som gjennomføres modellbasert og tegningsløst. På den måten kan slutningene også være overførbare til et større antall bedrifter innen BA-bransjen.

6 KONKLUSJON

Denne oppgaven ble skrevet i samarbeid med Multiconsult, som er prosjekterende i Bussveien-prosjektet. I tidsrommet denne masteroppgaven ble skrevet, var prosjektet i prosjekteringsfasen. Det ble derfor særlig fokusert på denne fasen av prosjektet, sett hovedsakelig fra prosjekterende sin synsvinkel. Flere intervjuobjekter ble også inkludert fra oppdragsgiver/byggherre for å sikre et bredere perspektiv og underbygge de ulike meningene og tolkningene av situasjonen i prosjektet. Ved innlevering av masteroppgaven har ikke prosjektet kontraktfestet entreprenør for utførelse. I videre forskning hadde det vært særlig interessant å utføre tilsvarende intervju med representanter fra entreprenør, for å undersøke deres holdninger og erfaring med innføring av digitalisering. I tidsrommet studien ble utført har det dessuten blitt utarbeidet nye standarder for digitalisering i BA-bransjen. Standardene ferdigstilles i løpet av 2019, og skal fremme bruk av BIM. Mye av utfordringene rundt manglende standardisering i bransjen kan reduseres når disse implementeres i framtidige prosjekt. For å undersøke dette nærmere, anbefales det at videre forskning inkluderer studie av modellbaserte prosjekt som benytter disse standardene som utgangspunkt.

Litteraturliste

- Andersen, E. & Sannes, R. (2017). Hva er digitalisering? *Magma*, 18-24. Hentet fra <https://www.magma.no/hva-er-digitalisering>
- Archaeology Data Service. (2019). CAD Data Formats. Hentet 25.04.19 fra http://guides.archaeologydataservice.ac.uk/g2gp/Cad_3-2
- Autodesk. (2019a). AutoCAD. Hentet 08.05.19 fra <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>
- Autodesk. (2019b). Civil 3D. Hentet 09.05.19 fra <https://www.autodesk.com/products/civil-3d/overview>
- Autodesk. (2019c). Hva er DWG? Hentet 25.04.19 fra <https://www.autodesk.no/products/dwg>
- Autodesk. (2019d). Navisworks. Hentet 08.05.19 fra <https://www.autodesk.no/products/navisworks/overview>
- Autodesk. (2019e). Revit. Hentet 25.04.19 fra <https://www.autodesk.no/products/revit/overview>
- Aven, T. (2006). *Pålitelighets- og risikoanalyse* (4. utg.). Oslo: Universitetsforlaget.
- Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Ribeirinho, M. J., Sridhar, M., Parsons, M., ... Brown, S. (2017). Reinventing Construction Through a Productivity Revolution. Hentet fra <https://www.mckinsey.com/INDUSTRIES/CAPITAL-PROJECTS-AND-INFRASTRUCTURE/OUR-INSIGHTS/REINVENTING-CONSTRUCTION-THROUGH-A-PRODUCTIVITY-REVOLUTION>
- Berge, O. Ø. (2010). *Kvalitetssikring, prosjektkontroll og nye krav til uavhengig kontroll*. Innlegg presentert ved Norsk bygningsfysikkdag, Trondheim. Abstract hentet fra http://www.bygningsfysikk.no/NorskBygningsfysikkdag2010/07_Berge.pdf
- BIM for landskapsarkitektur. (2012). LandXLM. Hentet 29.04.19 fra http://underland.no/?page_id=737
- Bughin, J., Hazan, E., Labaye, E., Manyik, J., Dahlström, P., Ramaswamy, S. & Billy, C. C. d. (2016). Digital Europe: Pushing the Frontier, Capturing the Benefits. Hentet 13.05.19 fra <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Digital%20Europe%20Pushing%20the%20frontier%20capturing%20the%20benefits/Digital-Europe-Full-report-June-2016.ashx>
- Bygg21. (2014). Hva er bygg21? Hentet 18.12.18 fra <https://www.bygg21.no/om-bygg21/>
- Byggenæringens landsforening. (2017). Digitalt Veikart for bygg-, anlegg- og eiendomsnæringen for økt bærekraft og verdiskaping. Hentet 14.05.19 fra <https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/digitalt-veikart-bae.pdf>

- Byggesaksdel. (2008). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)* (2008-06-27-71). Hentet fra <https://lovdata.no/lov/2008-06-27-71>
- Cao, D., Li, H., Wang, G. & Huang, T. (2017). Identifying and Contextualising the Motivations for BIM Implementation in Construction Projects: An Empirical Study in China. *International Journal of Project Management*, 35(4), 658-669. Hentet fra <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786316000119>
- Chien, K. F., Wu, Z. H. & Huang, S. C. (2014). Identifying and Assessing Critical Risk Factors for BIM Projects: Empirical Study. *Automation in Construction*, 45, 1-15. Hentet fra https://ac.els-cdn.com/S0926580514001071/1-s2.0-S0926580514001071-main.pdf?_tid=2ab10475-66ac-4848-9987-bf19e6d74f1e&acdnat=1548838724_5ec0a2a26002877503dc4ee60eb2eb3a
- Christensen, G. Kort om Multiconsult. Hentet 18.03.19 fra <https://www.multiconsult.no/om-oss/kort-om-multiconsult/>
- Cobuilder. (2018). Den digitale tvillingen - broen mellom den fysiske og den digitale verden. Hentet 05.02.19 fra <https://cobuilder.com/nb/den-digitale-tvillingen-broen-mellom-den-fysiske-og-den-digitale-verden/>
- Difi. (2013). Byggeprosessen steg for steg. Hentet 12.02.19 fra <https://www.anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg/prosjektering>
- Difi. (2018). Industry Foundation Classes (IFC). Hentet 06.02.19 fra <https://www.difi.no/fagomrader-og-tjenester/digitalisering-og-samordning/standarder/referanse katalogen/industry-foundation-classes-ifc>
- Direktoratet for byggkvalitet. (2013). *Temaveileder uavhengig kontroll*. Hentet fra <https://dibk.no/globalassets/2.-verktøy-og-veivisere/uavhengig-kontroll/temaveileder-uavhengig-kontroll---direktoratet-for-byggkvalitet.pdf>
- Eikeland, P. (1998). *Teoretisk analyse av byggeprosesser*. Samspillet i Byggeprosessen. Hentet fra <http://pte.no/pdf/TeoretiskAnalyse.pdf>
- Entrepriserettsadvokater. (2018). Viktige begreper og definisjoner i forbindelse med byggeprosjekter. Hentet 25.03.19 fra <https://www.entrepriserettsadvokater.no/sameier-og-borettslag/viktige-begreper-og-definisjoner-i-forbindelse-med-byggeprosjekter/>
- EVERY Survey. (2018). Consumers Views and Thoughts about Digitalization. Hentet 20.05.19 fra http://files.clickdimensions.com/evrycom-axubq/files/evry_survey_2018_consumers_views_and_thoughts_about_digitalization.pdf?1522936587459&cldee=aGFubmUucGFuZW5nc3R1ZW5AZ21haWwuY29t&recipientid=lead-2072740ff97ae911a95c000d3ab6413d-a403825acac24529b5cfa15efbf9a94b&esid=ea9dc321-dae0-4fc0-8444-4d4d2ac59c21
- Flyen, C. (2016). Samhandling og BIM tidlig i byggeprosessen. Eikefjord-modellen – pilot for uttesting. *SINTEF Fag*.
- Fløisbonn, H. W., Skeie, G., Uppstad, B., Markussen, B. & Sunesen, S. (2018). MMI - modellmodenhetsindeks. Hentet 03.04.19 fra <https://www.rif.no/wp-content/uploads/2018/11/mmi-modell-modenhets-indeks.pdf>

LITTERATURLISTE

- Følgesvold, A. (2016). *Digitalisering av byggebransjen*. TNS 14.9. Hentet fra <https://www.bygg21.no/contentassets/a6b118543be4427b866f091f27051ff1/rapport-tns.-bygg21---digitalisering-av-byggebransjen.pdf>
- Graphisoft. (2019). ArchiCAD. Hentet 09.05.19 fra <https://graphisoft.no/archicad/oversikt/>
- Graphisoft NO. (2019). BIM og IFC. Hentet 29.01.19 fra <https://graphisoft.no/archicad/bim-og-ifc/>
- Holme, I. M. (1996). *Metodevalg og metodebruk* (3. utg.). Oslo: TANO.
- Holt, S. R. (2010). Kontrollsystemet jf. plan- og bygningsloven. Hentet 13.03.19 fra http://www.eiendomsinformasjon.no/kontrollsystemet-jf-plan-og-bygningsloven_219.html
- Holtedahl, Ø. Strategi. Hentet 18.03.19 fra <https://www.multiconsult.no/om-oss/strategi/>
- Hooker, A. W. (2015). The Cost of Changes. Hentet 12.06.19 fra <https://www.awhooker.com/resources/cost-changes/>
- IKT-Norge. (2015). Digitalisering=produktivitet. Hentet 14.05.19 fra https://produktivitetskommisjonen.no/files/2015/01/ikt_norge1.pdf
- IKT-Norge. (2018). «IT i praksis 2018» - Norges digitale status. Hentet 28.01.19 fra <https://www.ikt-norge.no/nyheter/it-i-praksis-2018-norges-digitale-status/>
- Ingvaldsen, T. & Edvardsen, D. F. (2007). *Effektivitetsanalyse av byggeprosjekter: måle- og analysemetode basert på referansetesting av 122 norske boligprosjekter fra perioden 2000-2005*. Oslo: SINTEF byggforsk.
- Jensen, J. & Kirkhorn, I. (2015). Standardisering relevant også for infrastruktur. Hentet 08.05.19 fra <https://www.novapoint.com/standardisering-relevant-ogsa-infrastruktur>
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet. (2009). Samfunnssikkerhet og risiko- og sårbarhetsanalyse. Hentet 27.03.19 fra https://www.regjeringen.no/no/dokument/dep/kmd/veiledninger_brosjyrer/2009/lovkommentar-til-plandelen-i/kapittel-4-generelle-utredningskrav/-4-3-samfunnssikkerhet-og-risiko--og-sar/id556749/
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet. (2018). *Tidenes største satsing på digitalisering*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/tidenes-storste-satsing-pa-digitalisering/id2614074/>
- Kommunal- og regionaldepartementet. (2012). *Gode bygg for eit betre samfunn* (28). Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/608854f3f82b4b4e90d500244ff1d186/nn-no/pdfs/stm201120120028000dddpdfs.pdf>
- Langholm, W. (2018). Digibbygg. Et av verdens første papirløse byggeprosjekt er klart til bruk. Hentet 11.02.19 fra <https://www.prosjektnorge.no/digibbygg-verdens-forste-papirlose-byggeprosjekt-klart-bruk/>
- Mat Ya'Acob, I. A., Mohd Rahim, F. A. & Zainon, N. (2018). Risk in Implementing Building Information Modelling (BIM) in Malaysia Construction Industry: A Review. *E3S Web of*

LITTERATURLISTE

- Conferences*, 65. Hentet fra https://www.researchgate.net/publication/329185165_Risk_in_Implementing_Building_Information_Modelling_BIM_in_Malaysia_Construction_Industry_A_Review
- Melhus, T. A. Samferdsel. Hentet 18.03.19 fra <https://www.multiconsult.no/markedssomrader/samferdsel/>
- Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V. & Ustinovichius, L. (2013). The Benefits, Obstacles and Problems of Practical BIM Implementation. *Procedia Engineering*, 57, 767-774. Hentet fra <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813008308>
- MIT Center for Digital Business & Capgemini Consulting. (2011). Digital transformation: A roadmap for billion-dollar organization. Hentet 01.04.19 fra https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/Digital_Transformation_A_Road-Map_for_Billion-Dollar_Organizations.pdf
- Multiconsult. Vei. Hentet 18.03.19 fra <https://www.multiconsult.no/objekter/vei/?parent=64>
- Multiconsult. (2011). *Fargebruk på sjekkopier (internt dokument)*.
- Multiconsult. (2017a). *Digital dataflyt Samferdsel (internt dokument)*.
- Multiconsult. (2017b). *Kontroll i oppdrag (internt dokument)*.
- Multiconsult. (2018a). *Fv. 44 Bussveien Diagonalen - Hans og Grete stien (internt dokument)*.
- Multiconsult. (2018b). Ny kontrakt på Europas lengste bussvei. Hentet 26.02.19 fra <https://www.multiconsult.no/kontrakt-pa-europas-lengste-bussvei/>
- Multiconsult. (2018c). *Uavhengig kontroll (internt dokument)*.
- Norsk Industri & Siemens. (2016). Er norske bedrifter klare for den digitale fremtiden? Hentet 01.04.19 fra https://w3.siemens.no/home/no/no/omsiemens/digitalisering/Documents/Siemens_Digitaliseringsstudie.pdf
- Powel Construction. (2019). Gemini Terreng: Innovativ planlegging i 3D. Hentet 09.05.19 fra https://www.powelconstruction.no/produkter/gemini-terreng?gclid=Cj0KCQjwn8_mBRCLARIsAKxi0GLNVrDaOjDvZ8ssk5xK3N1n3rQrB7-N-84q_xAIUBnXau9E0SEkBv4aAplNEALw_wcB
- Project Management Institute. (2013). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: (PMBOK Guide)* (5. utg.). Newton Square, Pa: Project Management Institute.
- Regjeringen. (2014). Digitalisering i offentlig sektor. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/statlig-forvaltning/ikt-politikk/digitaliseringen-i-offentlig-sektor/id2340245/>

LITTERATURLISTE

- Regjeringen. (2018). *DESI 2018 Country Report Norway*. Hentet fra https://www.regjeringen.no/contentassets/5d2caddad8424250846b8dc93e259997/desi-indeksen_2018_norge.pdf
- Sinkovics, N. (2018). Pattern Matching in Qualitative Analysis. I(s. 468-485).
- Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 119, 475-484.
- Standard Norge. Digital byggeprosess og BIM. Hentet 20.05.19 fra <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/digital-byggeprosess/>
- Standard Norge. (2019a). Standard Norge. Hentet 20.05.19 fra <https://www.standard.no/toppvalg/om-oss/standard-norge/>
- Standard Norge. (2019b). Vi digitaliserer byggenæringen. Hentet 20.05.19 fra <https://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/bygg-anlegg-og-eiendom/2019/vi-digitaliserer-byggenaringen/>
- Statens vegvesen. (2015). *Planbeskrivelse med konsekvensutredning*. Hentet fra https://www.vegvesen.no/attachment/2017162/binary/1208598?fast_title=Planbeskrivelse+med+konsekvensutredning+fv.+44+Gausel+stasjon+Hans+og+Grete+stien+%2811+MB%29.pdf
- Statens vegvesen. (2017a). *Konkurransegrunnlag - Kjøp av prosjekteringsoppdrag til fast sum for Bussveien Diagonalen - Hans og Grete stien (internt dokument)*.
- Statens vegvesen. (2017b). Videopresentasjoner. Hentet 20.04.19 fra <https://www.vegvesen.no/Fylkesveg/fv44gausel/video>
- Statens vegvesen. (2018). Modellbaserte vegprosjekter. Hentet 26.03.19 fra <https://www.vegvesen.no/fag/veg+og+gate/prosjektering+og+bygging/prosjektering/Modellbaserte+vegprosjekter>
- Statistisk sentralbyrå. (2019). Bygge- og anleggsvirksomhet, strukturstatistikk. Hentet 14.05.19 fra <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/stbygganl>
- Statsbygg. (2014). En digital måte å bygge smartere. Hentet 29.01.19 fra <https://www.statsbygg.no/oppgaver/bygging/bim/>
- Statsbygg. (2018). Digitale kontraktskrav. Hentet 29.01.19 fra <https://www.statsbygg.no/Nytt-fra-Statsbygg/Nyheter/2018/Digitale-kontraktskrav/?Feedback=posted#FeedbackForm>
- Tekla. (2019). The Most Advanced BIM Software for Structural Workflow. Hentet 09.05.19 fra <https://www.tekla.com/products/tekla-structures>
- Thorsen, T. S. Modellbaserte vegprosjekter. Hentet 21.05.19 fra https://fileserver.motocross.io/trafikksiden/HB_V770_vedlegg_Modellbaserte_vegprosjekter.pdf

LITTERATURLISTE

- Todsen, S. (2018). Produktivitetsfall i bygg og anlegg. I *SSB*. Hentet fra <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivitsfall-i-bygg-og-anlegg>
- Tomek, A. & Matějka, P. (2014). The Impact of BIM on Risk Management as an Argument for its Implementation in a Construction Company. *Procedia Engineering*, 85, 501-509. Hentet fra <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814019432>
- Toomey, J. (2018, 17. April 2018). IDC reveals secrets of success and top KPIs in digital transformation. *Diginomica*. Hentet fra <https://diginomica.com/idc-secrets-success-top-kpis-digital-transformation/>
- Trimble. (2019). Novapoint. Hentet 09.05.19 fra <https://www.novapoint.no/produkter/novapoint>
- Veidirektoratet. (2015). Modellgrunnlag - krav til grunnlagsdata og modeller. Hentet 20.05.19 fra https://www.vegvesen.no/_attachment/395908/binary/1098509?fast_title=H%C3%A5ndbok+V770+Modellgrunnlag.pdf
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods* (5. utg.). Los Angeles, Calif: SAGE.
- Zou, Y., Kiviniemi, A. & Jones, S. W. (2015). BIM-Based Risk Management: Challenges and Opportunities. *32nd CIB W78 International Conference* (s. 847-855). Hentet fra <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813008308>
- Zou, Y., Kiviniemi, A. & Jones, S. W. (2017). A Review of Risk Management through BIM and BIM-Related Technologies. *Safety Science*, 97, 88-98. Hentet fra https://ac.els-cdn.com/S0925753516000072/1-s2.0-S0925753516000072-main.pdf?_tid=f2ef4730-74ab-472b-bd35-da512515413f&acdnat=1548838738_ecab3b8491b11e5cbb174b0c20321cb1

Vedlegg A: Intervjuguide

Bakgrunn

- Kort om oppgaven og forfatterne
 - Arbeider med en masteroppgave om digitalisering i BA-bransjen
- Formaliteter ved intervjuet
 - Intervjuene er frivillige og anonyme
 - Lydfilene blir slettet etter innlevering av oppgave
- Om intervjuobjektet
 - Utdanning
 - Erfaring
 - Stilling i prosjektet
 - Hovedoppgaver og ansvarsområder
- Hva er din definisjon av digitalisering? Hva innebærer digitalisering for deg?

Prosjekt

- Grad av digitalisering
 - På hvilken måte er prosjektet forskjellig fra et tradisjonelt prosjekt?
- Hvilke digitale verktøy har blitt brukt?
 - I hvor stor grad blir BIM benyttet?
- Bruk av BIM i prosjektet
 - Fordeler eller ulemper ved mer bruk av BIM?
 - Er noen aktører mer positive eller negative enn andre?
 - I hvilken del av prosjektet er det mest utfordrende å implementere BIM?
 - Kan noe gjøres annerledes ved implementering av BIM?
- Hvordan har økt digitalisering påvirket gjennomføring av prosjektet?
 - Bedre samarbeid?
 - Kostnadseffektivitet?
 - Kompetanseoverføring?
 - Påvirkes organisering og ledelse?

Kontroll og kvalitetssikring

- Hvordan foregår kontroll og kvalitetssikring i prosjektet, og hvordan dokumenteres dette?
- På hvilken måte er kontroll annerledes sammenlignet med et tradisjonelt prosjekt?
- Hvilke positive sider ved utskriftsbasert kontroll forsvinner dersom dette gjøres digitalt (modellbasert)?
- Hvilke fordeler finnes ved å gjøre dette modellbasert?
- Blir styringsdokumentene fulgt?
 - Hvis ja, hvilke? Hvordan fungerer disse på modell i forhold til på papir?
 - Hvis nei, hvorfor ikke?

- Hva er den største utfordringen med tanke på kontroll i prosjektet?
 - Hvordan kan dette forbedres?

Risikostyring

- Hvilken type risiko påvirkes mest ved økt digitalisering?
- Hvordan blir denne type risiko håndtert i prosjektet?
- På hvilken måte blir risikostyring i prosjektet påvirket av digitalisering?
 - Hvilke fordeler eller ulemper gir risikostyring med bruk av BIM?
 - Hvordan gjør dette risikofaktorer lettere å håndtere?
 - Hvordan gjør dette risikofaktorer vanskeligere å håndtere?
- Hvilke digitale verktøy benyttes til å håndtere risiko?
 - Legges dette inn i BIM-modellen?
 - Excel?
- Brukes styringsdokumenter til risikohåndtering?
 - Hvis ja, hvilke?
 - Hvis nei, hvorfor ikke?
- Hva er den største utfordringen i prosjektet med tanke på risikostyring?
 - Hvordan kan dette forbedres?

Avslutningsvis

- Hvilke forventninger har du til økt digitalisering i BA-bransjen?
- Er du positiv til økt digitalisering i bransjen, og at prosjekt leveres papirløst?
- Noe annet å tilføye?