

Modellbasert prosjektgjennomføring av VA-anlegg

En kvalitativ undersøkelse om hva som skal til for å utvikle en heldigital prosjektgjennomføring av VA-anlegg.

KRISTOFFER NORDHEIM

VEILEDER

Helge Liltved, UiA
Sindre Øystese, Norconsult

Universitetet i Agder, 2023

Fakultet for teknologi og realfag
Institutt for ingeniørvitenskap

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"> - ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands. - ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt. - ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt. - har alle referansene oppgitt i litteraturlisten. - ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse. 	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§ 31.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider.	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage Aura og på UiA sine nettsider med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller taushetsbelagt/konfidensiell vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Universitetet i Agder en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

JA NEI

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?
(Båndleggingsavtale må fylles ut)

JA NEI

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

JA NEI

Er oppgaven unntatt offentlighet?

JA NEI

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved institutt for Ingeniørvitenskap som en del av masterprogrammet for Bygg, Teknisk planlegging, ved Universitetet i Agder.

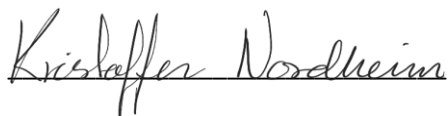
Tema og problemstilling for oppgaven ble til som et resultat av at jeg fikk jobbtilbud hos Norconsult på avdeling «vann – vei og bane», ved hovedkontoret i Sandvika. I forbindelse med dette ble det utformet et forslag til problemstilling som vil være aktuell for arbeidet jeg kommer til å møte i jobben hos Norconsult.

Målet med masteroppgaven er å undersøke hvordan prosjektgjennomføringer av VA-anlegg fungerer i dag og hvordan den kan utvikles til å bli heldigital og modellbasert i alle ledd. Oppgaven retter blikket mot prosesser og informasjonsflyt mellom kommuner, rådgivende ingeniører og utførende entreprenører. Jeg vil takke alle respondenter som har bidratt med å gi sine perspektiver i denne masteroppgaven.

Dette kapittelet gir meg også anledning til å takke alle de briljante hodene fra Norconsult og UiA, som har bidratt med gode råd og innspill til masteroppgaven min. Jeg vil takke intern veileder fra UiA, Helge Liltved, som har bidratt med utvikling av forskerspørsmål og gode innspill til rapportskrivning generelt. Jeg vil også takke alle i Norconsult som har bidratt. Dette gjelder ekstern veileder, Sindre Øystese som er BIM-strateg i avdeling for vann, og seniorrådgiver, Bjørn Solnes Skaar. Disse har bidratt med å føre meg til aktuelle respondenter i undersøkelsen, bidratt direkte i enkelcase-studie og har i tillegg bidratt med mange gode innspill til oppgaven.

Grimstad, mai. 2023

Kristoffer Nordheim



Summary

This master's thesis aims to investigate model-based project executions of water and sewage systems. The main research question in this master's thesis is "What is needed to develop a fully digital project execution of water and sewage systems?" The research looks at how the processes are with project owners, consultants, and contractors when it comes to information flow and requirements for documentation today, in addition to identifying "best practice" for this.

The research is carried out by means of qualitative research with nine semi-structured interviews and a case study. Results and findings from interviews and case studies are presented and discussed based on the main themes; process, people, and technology, which are the main elements in all BIM processes.

The research concludes that methods should be developed for the use of BIM models in the facility management of water and sewage systems and that a guide is needed for this. In addition, water management should be organized at regional level to make processes and distribution of expertise more uniform than it is today.

Innholdsfortegnelse

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring	i
Publiseringsavtale	ii
Forord	iii
Summary	iv
Figurliste	viii
Tabelliste	ix
1 Innledning	1
2 Samfunnsperspektiv	2
2.1 Vann, avløp og overvann.....	2
2.1.1 Mål om god tjenestekvalitet for forbrukeren	2
2.1.2 Mål om god tjenestekvalitet for miljøet.....	2
2.1.3 Mål om lave kostnader for samfunnet.....	2
2.2 Produktivitet og digitalisering	3
2.2.1 VA bransjen savner BIM-standard.....	4
2.3 FNs bærekraftsmål	5
2.3.1 Drikkevann og avløpsvann.....	6
2.3.2 Bærekraftig forvaltning	6
2.3.3 Kostnadseffektiv drift, utbygging og fornyelse	6
2.3.4 Bærekraft og digitalisering	6
3 Kunnskapsbakgrunn	8
3.1 Organisering av vannforvaltningen	8
3.1.1 Nasjonalt nivå	8
3.1.2 Regionalt nivå	9
3.1.3 Lokalt nivå.....	9
3.2 Norsk VA-sektor.....	10
3.2.1 Eierskap og organisering	11
3.2.2 Ledningsnett.....	11
3.2.3 Finansiering	11
3.3 Ledningsregistreringsforskriften	11
3.4 BIM – Bygningsinformasjonsmodellering.....	12
3.4.1 Prosess, teknologi og mennesker	13
3.4.2 Åpen BIM – interoperabilitet.....	13
3.4.3 BEP – BIM gjennomføringsplan	14

3.4.4	MMI – Modell Modenhets Indeks	14
3.5	BIM versus GIS.....	14
3.6	Tilsvarende forskning/arbeid	15
3.7	Forkortelser-/ begrepsdefinisjoner	16
4	Case	17
4.1	E18 Strand – Ramstadsletta	17
4.1.1	Ny trasé for vann og avløp	17
5	Forskerspørsmål	18
5.1	Avgrensninger.....	18
6	Metode	19
6.1	Innledende fase	19
6.1.1	Utvikling av problemstilling.....	19
6.1.2	Utvikling av forskningsdesign	20
6.1.3	Valg av type informasjon	21
6.1.4	Fremdriftsplanlegging.....	22
6.2	Kvalitativ datainnsamling	22
6.2.1	Behandling av personopplysninger	22
6.2.2	Åpent individuelt intervju.....	24
6.2.3	Enkelcase.....	27
6.2.4	Eksisterende kvalitative kilder (kunnskapsbakgrunn)	27
6.2.5	Analyse og presentasjon av funn (valg av analyseteknikk)	28
6.3	Drøfting av funn (diskusjon)	29
6.3.1	Substansiell drøfting.....	30
6.3.2	Metodologisk drøfting.....	30
7	Resultat.....	31
7.1	Intervju	31
7.1.1	Prosess.....	31
7.1.2	Mennesker.....	37
7.1.3	Teknologi	42
7.1.4	Utvikling av en heldigital prosjektgjennomføring av VA-anlegg	44
7.1.5	Oppsummering.....	46
7.2	Enkelcase (E18 Strand – Ramstadsletta)	47
7.2.1	Prosess.....	47
7.2.2	Mennesker.....	48

7.2.3	Teknologi	49
8	Diskusjon.....	53
8.1	Prosess.....	53
8.1.1	Planleggingsfasen	53
8.1.2	Utførelse	54
8.1.3	«Som bygget» / FDV	54
8.1.4	Andre aktørers standarder	55
8.2	Mennesker.....	55
8.2.1	Kompetanse.....	55
8.2.2	Utfordringer og muligheter med modell.....	56
8.2.3	Endringsdrivere	56
8.3	Teknologi	57
8.4	Hva skal til for å utvikle en heldigital prosjektgjennomføring av VA-anlegg?.....	57
8.5	Metodologisk drøfting.....	58
8.5.1	Intern gyldighet	58
8.5.2	Pålitelighet.....	59
8.5.3	Ekstern gyldighet	59
9	Konklusjon.....	60
10	Anbefalinger	62
11	Referanser	63
12	Vedlegg	65

Figurliste

Figur 2.1: Utvikling av arbeidsproduktivitet for bygg- og anlegg. [2].....	3
Figur 2.2: BIM-støttet prosjekterings- og byggeprosess gir kostnadsbesparelser. [3].....	4
Figur 2.3: FNs bærekraftsmål. De 17 hovedmålene. [5].....	5
Figur 2.4: Tre dimensjoner av bærekraft. [6]	5
Figur 2.5: FNs bærekraftsmål sett i sammenheng med hovedmål for VA-sektoren. [1]	6
Figur 3.1: Vannregionmyndigheter. (2019) [8].....	8
Figur 3.2: Organisering av vannforvaltningen i Norge. [11]	10
Figur 3.3: Vann- og avløpsinfrastruktur. [14]	11
Figur 3.4: BIM i praksis – Proses, teknologi og mennesker.	13
Figur 3.5: Predefinert og prosessdefinert BIM-gjennomføringsplan.	14
Figur 3.6: MMI-skalaen.....	14
Figur 4.1: Anleggsarbeider på Ramstadsletta, mai 2023. (Foto: Sofia Gavidia-Ascario). [25].....	17
Figur 4.2: Planlagte anleggsaktiviteter på entreprisen E103 Strand-Ramstadsletta i 2023 (Illustrasjon: Skanska Norge AS) [25]	17
Figur 6.1: Prosjektets tre hovedfaser	19
Figur 6.2: Små-N-studie med respondenter fra ulike kontekster.	21
Figur 6.3: Blandet metode for valg av type informasjon.....	22
Figur 6.4: Antall respondenter i hver utvalgsgruppe.	25
Figur 6.5: Illustrasjon av prinsippet med tilordning av tekst til kategorier. [33]	28
Figur 6.6: Inndeling av kategorier med underkategorier.	29
Figur 7.1: Forenklet prosessflyt i modellbasert prosjektgjennomføring av VA-anlegg.....	31
Figur 7.2: MMI-spesifikasjon for vann og avløp.	47
Figur 7.3: Tilrettelagte visninger i Trimble Connect til bruk for godkjenning av løsninger fra Bærum kommune.	48
Figur 7.4: «Typiske tegninger» presentert i modell	49
Figur 7.5: Volumgeometri og stikningslinje sammenstilt i modell.....	50
Figur 7.6: Modell og stikningsdata vist i Gemini Terreng.....	51
Figur 7.7: Manipulert figur av visning av BIM i Gemini VA.....	52

Tabelliste

Tabell 3.1: Søkeord i litteratursøk for å finne tilsvarende forskning eller arbeid	15
Tabell 3.2: Forkortelser-/ begrepsdefinisjoner	16
Tabell 6.1: Rollebeskrivelser av respondenter.	25
Tabell 7.1: Oppsummering av funn fra kvalitative intervju.....	46
Tabell 12.1: Oversikt over vedlegg.	65

1 Innledning

Vann og avløpssektoren ivaretar samfunnets mest samfunnskritiske funksjoner og er avgjørende for alt liv, helse og miljø. Likevel står vann og avløpsbransjen i Norge ovenfor en rekke kommende utfordringer. Det er blant annet godt dokumentert at det er et stort etterslep på fornying, utskifting og vedlikehold av vann- og avløpsanleggene. For å møte disse utfordringene trengs det mer effektive arbeidsprosesser og ny kompetanse. [1]

Heldigitale og modellbaserte prosjektgjennomføringer er i stadig økende grad hovedregelen for gjennomføring av bygg- og anleggsprosjekter i dag. Landets største byggherrer, deriblant Statens vegvesen, har i en årrekke jobbet med modellbaserte prosjekter. Dette er de nå avhengig av for å klare å håndtere all koordinering mellom alle fag som er involvert i sine prosjekter. Vann- og avløp er også ofte en stor del av disse prosjektene.

Når det kommer til prosjektgjennomføringer, så er både rådgivende ingeniører og entreprenører godt vant til å gjennomføre modellbaserte prosjekter. Mens vannbransjen, trolig, er den delen av anleggsbransjen som har kommet kortest i digitaliseringen. Hvordan kan vi få VA-bransjen til å henge med i utviklingen?

2 Samfunnsperspektiv

2.1 Vann, avløp og overvann

I en ny *mulighetsstudie for VA-sektoren med samfunnsøkonomiske analyser* [1], som er utført på vegne av kommunal og distriktsdepartementet, er det definert tre hovedmål for den norske vann- og avløpssektoren. Dette er 1. God tjenestekvalitet for forbrukeren, 2. God tjenestekvalitet for miljøet, og 3. Lave kostnader for samfunnet. Ut ifra dette er det vurdert en tilstand på den norske vann- og avløpssektoren. [1]

2.1.1 Mål om god tjenestekvalitet for forbrukeren

Den hygieniske vannkvaliteten er ansett å være god for nesten alle innbyggere i Norge (99 %). I tillegg til dette er «ikke-planlagte» avbrudd i vannforsyningen anslått til kun 0,2 timer i året per innbygger. 33 % av norske innbyggere som er koblet til kommunalt nett mangler i dag alternativ vannforsyning. Når Oslo får alternativ vannforsyning i 2028, vil dette reduseres til om lag 20 %. [1]

Lekkasjer i VA-nettet er i dag dårlig dokumentert på grunn av mangel på gode data. Basert på egenrapporterte data er vanntapet anslått å tilsvare gjennomsnittlig 30 % av vannforbruket. Det vises også til tall fra BedreVANN som anslår at vannlekkasjene tilsvarer mellom 30 og 40 % av vannforbruket. [1]

2.1.2 Mål om god tjenestekvalitet for miljøet

Den økologiske tilstanden ansees å være god i kun 74 % av de norske vannforekomstene. En av årsakene som knyttes til dette er blant annet at bare 49 % av innbyggere er tilknyttet renseanlegg som overholder rensekraft. Dette er også noe som henger sammen med mengden av fremmedvann som blir tilført renseanleggene, som anslagsvis tilsvarer 59 %. Det skjer også mye utslipp av avløpsvann via overløp i fellessystemer ved overbelastning av avløpsnettet på grunn av tilfeller ved kraftig nedbør eller snøsmelting. [1]

Øvrige miljømål gjelder blant annet gjenbruk av slam/biorest der omtrent 77 %, fra norske avløpsrenseanlegg, blir gjenbrukt til jordbruksforbedringsformål. Klimagaddfortavtrykket for VA-sektoren, som gjelder både direkte og indirekte utslipp, er beregnet til 737 000 tonn CO₂-ekvivalenter for 2019. [1]

2.1.3 Mål om lave kostnader for samfunnet

Årsgebyr for kommunale vann- og avløpstjenester var, for en standardbolig i 2020, på 10 200 kr/år inkl. mva. Det er stor variasjon mellom kommunene, da beløpet spenner seg mellom 3 400 kr/år til 21 800 kr/år. Det er også knyttet kostnader for samfunnet ved overvannskader som totalt sett er beregnet til mellom 1 400 og 2 400 kr per husstand i året. VA-sektoren har også andre fordelingskostnader for samfunnet, der det er verdt å nevne stengte veier og gater eller graveskader. [1]

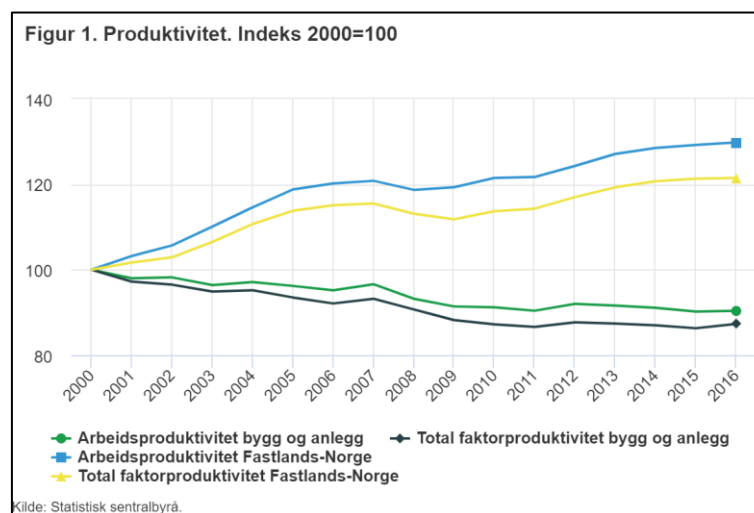
Fornyelse av vann- og avløpsnettet kan knyttes til både tjenestekvalitet for forbruker, miljø og kostnader for samfunnet. Det gjennomsnittlige behovet for ledningsfornyelse er anslått å være rundt

0,9% per. år. Til sammenligning er den reelle gjennomsnittlige ledningsfornyelsen på 0,7% per. år. For så kommuner ligger ledningsfornyelsen i snitt på 0,4 % per. år. Denne lave fornyingstakten kan gi negative konsekvenser i form av at kostnader for ledningsfornyelsen overføres til senere generasjoner. [1]

Forskjeller i tjenestestandard mellom de store og små kommunene er store. Utslipp av urensset avløpsvann er størst i de store kommunene som har en stor andel fellessystemer for avløpsvann og spillvann. Når det kommer til ledningsfornyelse, så er ledningsfornyelsen klart lavest blant de små kommunene, der også gebyrene er betydelig høyere. Dette kan ha sammenheng med for eksempel; få innbyggere per km ledning og behandlingsanlegg, mangel på kompetanse og effektiv organisering og/eller forskjell i rensekrav. [1]

2.2 Produktivitet og digitalisering

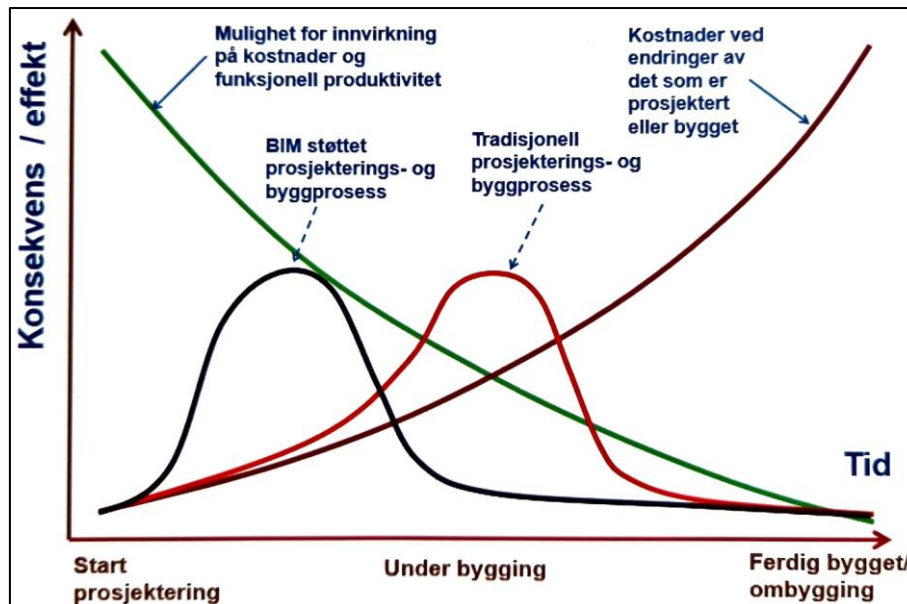
I en statistikk fra 2018 har Statistisk sentralbyrå kommet frem til at bygg- og anleggsvirksomheten i Norge har hatt et produktivetsfall på 10 % siden år 2000. til sammenligning har produktiviteten i privat sektor i fastlands-Norge økt med 30 %. [2]



Figur 2.1: Utvikling av arbeidsproduktivitet for bygg- og anlegg. [2]

Byggenæringens landsforening mener at økt digitalisering i næringen vil kunne gi en gevinst på opp mot 20 %. Tall fra SSB sier at, bare innen den utførende delen av bygg- og anleggsbransjen, var det en omsetning på hele 626 milliarder i 2019. En heldigital bransje vil dermed gi en årlig besparelse på opp mot 100 milliarder kroner årlig. [3]

Bedre informasjonsflyt er en viktig faktor for å øke produktiviteten. Bygg- og anleggsnæringen er i dag en ganske oppsplittet bransje med mange forskjellige fagområder som ikke alltid kommuniserer godt nok sammen. God informasjonsledelse gjennom hele livssyklusen til et byggverk er en forutsetning for bedring av effektiviteten. Det inkluderer en målrettet utnyttelse av gode prosedyrer, programmer og annet digitalt utstyr som gjør at vi samarbeider på en bedre måte enn tidligere. [3]



Figur 2.2: BIM-støttet prosjekterings- og byggeprosess gir kostnadsbesparelser. [3]

2.2.1 VA bransjen savner BIM-standard

Det skrives en del om den «papirfaste VA-bransjen» i ulike bransjetidsskrifter. Et eksempel på dette er en artikkel fra magasinet «Samferdsel & Infrastruktur», publisert 21.april.2022. Her kommer det frem at VA-bransjen savner en BIM-standard [4]. Inngressen i artikkelen lyder som følgende:

«2D-tegningene florerer fortsatt innen vann og avløp. BIM- og 3D-modeller kan spare næringen for mye tid og dobbeltarbeid, mener ekspertene». [4]

I denne artikkelen forteller sivilingeniør, Hans Martin Eikerol fra VA Visjon AS, om hvilke fordeler det er med BIM og hvordan det i dag jobbes med prosjektgjennomføring av VA-anlegg. Han sier at det ofte er problematiske forhold som ikke fanges opp i prosjektene siden det ofte ikke kommer frem ved hjelp av 2D-tegninger. En god BIM har muligheten til å avklare slike forhold på et mye tidligere tidspunkt. BIM gir deg en bedre helhetlig innsikt i ting som ikke er så lett å lese ut fra en tegning. Dette gjelder også særlig for tilgrensende forhold. [4]

Eikerol trekker frem hvilke merverdi modellbasert prosjektgjennomføring har for både kalkulasjonsprosess, samhandlingsprosess og potensialet for anleggseier gjennom mer effektiv FDV. Med en god BIM-modell kan de som trenger informasjon om anlegget raskt skaffe seg dette med et høyt detaljnivå. For bestiller-siden gjelder dette for alt fra innkjøp av rørdeler til kalkulasjon av massetransport. Denne informasjonen er i tillegg veldig relevant i samhandlingen med andre fag. Til slutt skal anlegget dokumenteres for ettertiden gjennom FDV-dokumentasjon, noe som gjør en BIM-modell overlegen, gitt at den hodes oppdatert under hele anleggsprosessen og driftsfasen. [4]

Eikerol forteller også i artikkelen at BIM er vanlig i prosjekteringsfasen i dag. Det som mangler er en standard og struktur for hvordan det skal gjøres, noe som fører til at rådgivere gjennomfører dette på ulikt vis. Det nærmeste vi er en standard innen dette feltet er SOSI Ledning (Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon). Dette er en standard som ikke dekker alle behov i BIM. [4]

Næringen driver med mye dobbeltprosjektering, forteller Eikerol. Først etableres og modelleres føringsveiene i 3D, deretter tegnes alle detaljer opp i 2D. Grunnen til at det gjøres slik i dag er til dels at den informasjonen som skal ivaretas under prosjektgjennomføringen, ikke lar seg strukturere på en fullgod måte uten en standardisert BIM prosess for VA.

«Leddene fra rådgiver, entreprenør og til kommunene prosjekterer gjerne alt sammen på nytt, hver for seg. BIM med standardisering vil gi bedre prosesser og mindre sløsing med tid og ressurser.» [4]

2.3 FNs bærekraftsmål

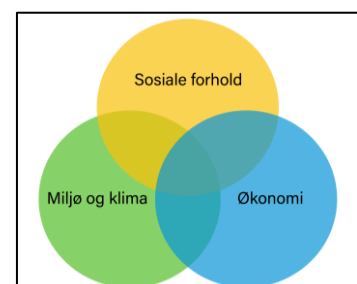
FNs bærekraftsmål er en arbeidsplan som er felles for hele verden der målet er å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030. Bærekraftsmålene består av 17 hovedmål og 169 delmål. [5]



Figur 2.3: FNs bærekraftsmål. De 17 hovedmålene. [5]

I arbeidet for å nå bærekraftsmålene må man se alle målene i sammenheng med hverandre. Bærekraftig utvikling har tre dimensjoner; «sosiale forhold», «økonomi» og «miljø og klima». Det er sammenhengen mellom disse dimensjonene som avgjør om noe er bærekraftig. [6]

I den tidligere omtalte *mulighetsstudie for VA-sektoren med samfunnsøkonomiske analyser* [1], så er målene for VA-sektoren sett i sammenheng med bærekraftsmålene. Figur 2.5 viser FNs bærekraftsmål sett i sammenheng med hovedmålene for VA-sektoren.



Figur 2.4: Tre dimensjoner av bærekraft. [6]

2.3.1 Drikkevann og avløpsvann

Gode vann- og avløpstjenester samt en velfungerende tilhørende infrastruktur er avgjørende for både liv og helse og en ønsket utvikling/utbygging av lokalsamfunn og næringsliv. Det er også avgjørende at tjenestene kan opprettholde funksjon ved tekniske svikter eller uforutsette hendelser. [1]

Dette knyttes til bærekraftsmål nr.:

- 3. «God helse og livskvalitet»
- 6. «Rent vann og gode sanitærforhold»
- 11. «Bærekraftige byer og lokalsamfunn»

2.3.2 Bærekraftig forvaltning

Et vannmiljø uten miljøgifter er avgjørende for et trygt drikkevann og en trygg matproduksjon. Dette er VA-virksomhetenes ansvar gjennom rensing av drikkevann og avløpsvann, kontroll av påslipp for å trygge vannmiljø, i tillegg til gjenbruk av energi, jord og næringsstoffer fra avløp. [1]

Dette knyttes til bærekraftsmål nr.:

- 7. «Ren energi for alle»
- 14. «Livet under vann»
- 15. «Livet på land»

2.3.3 Kostnadseffektiv drift, utbygging og fornyelse

Drift, utbygging og fornyelse av VA-infrastruktur er kostbart. Det er viktig for de betalende abonnentene å sikre en mest mulig samfunnsøkonomisk optimal infrastruktur som møter krav om store nok prosessanlegg, mål for gjenbruk av ressurser i tillegg til god beredskap. Utbygging av infrastruktur bidrar også med mye klimautslipp. For å oppnå en klima- og energinøytral VA-sektor er det nødvendig å redusere klima- og miljøfotavtrykkene knyttet til investeringer, vedlikehold og energiforbruk. [1]

Dette knyttes til bærekraftsmål nr.:

- 9. «Industri, innovasjon og infrastruktur»
- 12. «Ansvarlig forbruk og produksjon»
- 13. «Stoppe klimaendringene»

2.3.4 Bærekraft og digitalisering

I tillegg til de tre overnevnte hovedmålene til VA-sektoren, så spiller digitalisering en viktig rolle. For å vurdere og løse bærekraftutfordringer så krever det at man ser til den såkalte *triple bunnlinje*. Det betyr at man må vurdere både miljømessige, sosiale og økonomiske forhold for å treffe bærekraftige valg. For å få til dette betyr det at man må ha informasjon fra langt flere kilder enn tidligere. Det er



Figur 2.5: FNs bærekraftsmål sett i sammenheng med hovedmål for VA-sektoren. [1]

nødvendig med vurderinger fra ulike perspektiver ved hele VA-anleggets livssyklus. Dette krever tverrfaglighet og digitale løsninger [3].

Dette kan knyttes til bærekraftsmål nr.:

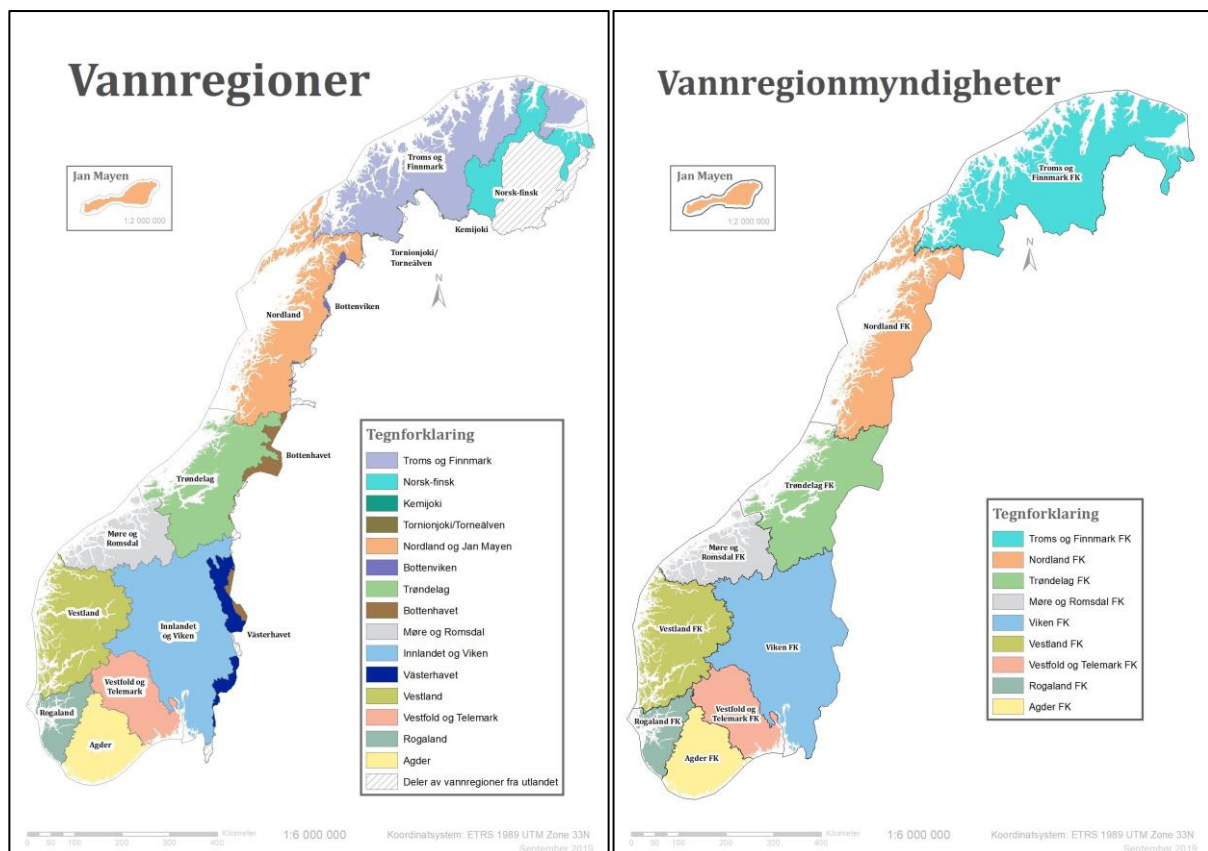
- 17. «Samarbeid for å nå målene»

3 Kunnskapsbakgrunn

3.1 Organisering av vannforvaltningen

Organiseringen av vannforvaltningen i Norge baserer seg på en *helhetlig og samordnet vannforvaltning* [7]. Det vi si at forvaltningen tar utgangspunkt i nedbørsfeltene som har avrenning til norsk kyst, til Sverige eller til Finland. Disse feltene kalles *vannregioner* som igjen inneholder mindre *vannområder* som følger nedbørsfeltgrenser, og ikke kommune-, fylke- og landegrenser.

Vannregionene er fordelt inn i 9 *vannregionmyndigheter* som administreres av utpekte fylkeskommuner. Vannregionmyndighetene har ansvar for de gitte vannregionene i Norge og deler av de internasjonale vannregionene som ligger i Norge. [8] Forvaltningsnivåene deles derfor inn i et nasjonalt, regionalt og lokalt nivå.



Figur 3.1: Vannregionmyndigheter. (2019) [8]

3.1.1 Nasjonalt nivå

Departementsgruppen for vannforvaltning er en kontaktgruppe for de berørte departementene i arbeidet med vannforskriften og er ledet av Klima- og miljødepartementet (KLD). KLD har i tillegg hovedansvaret ved å koordinere den nasjonale utførelsen av vanddirektivets krav og målsetninger, sikre samarbeid med Sverige og Finland om grensekryssende vann, samt representere Norge i møte med de europeiske vanddirektører og rapportere gjennomføringen til *EFTA Surveillance Authority* (ESA). [9]

Direktoratsgruppen for vannforvaltning ledes og koordineres av miljødirektoratet.

Direktoratsgruppen skal sikre samordning mellom etatene og at alle vannregionene får nødvendig veiledning. Miljødirektoratet koordinerer også Norsk deltakelse i det felles europeiske arbeidet i tillegg til å bistå KLD i samarbeid med naboland og europeiske vanndirektørmøter. [10]

Nasjonal referansegruppe består av berørte interesseorganisasjoner. *Norsk Vann* er en av disse interesseorganisasjonene. Gruppen omfatter også andre sektormyndigheters bransjeorganisasjoner eller frivillige organisasjoner. Referansegruppen har som hovedoppgave å komme med synspunkter og råd til direktoratsgruppen med sitt ansvar og arbeid. Det er Miljødirektoratet som har ansvar for å kalle inn til og referere fra møtene mellom referansegruppen og direktoratsgruppen. [11]

3.1.2 Regionalt nivå

Organiseringen av vannforvaltningen lokalt og regionalt er gitt av bestemmelsene i vannforskriftens kapittel 4 (§§20-24) [7].

Vannregionene er den geografiske inndelingen etter naturfaglige kriterier som følger vannskillene. På denne måten tar vannregionene utgangspunkt i hele nedbørsfelt med avrenning til kystsone eller til Sverige eller Finland. [7]

Vannregionmyndighetene består av én utpekt fylkeskommune i de forskjellige vannregionene. Grensene mellom vannregionmyndighetene og de ulike vannregionene sammenfaller ikke. Det er på grunn av at vannregionmyndighetene også har ansvar for de norske delene av vannregionene som deles mellom Norge og Sverige eller Finland. Vannregionmyndighetene koordinerer prosessene som er knyttet til planarbeidet iht. vannforskriften. Dette gjøres i samråd med berørte myndigheter på regionalt og lokalt nivå som sammen utgjør et vannregionutvalg. Vannregionutvalget er også tilknyttet regional referansegruppe som representerer private og allmenne brukerinteresser. [12]

Statsforvalteren har, etter vannforskriften, hovedansvar for oppdatering av kunnskapsgrunnlaget (§15) og koordinering av overvåkning (§18). Statsforvalteren er en regional miljømyndighet og skal ha kunnskap om miljøtilstandens status og kompetansebehov. I tillegg til dette har statsforvalteren ansvar for en helhetlig virkemiddelbruk og forvaltning på tvers av sektorers ansvar for vannmiljøet og videreutvikling av samarbeidet mellom sektorene. Dersom regionale eller lokale planer ikke medfører måloppnåelse for miljømålene etter vannforskriften, har statsforvalteren adgang til innsigelse. [13]

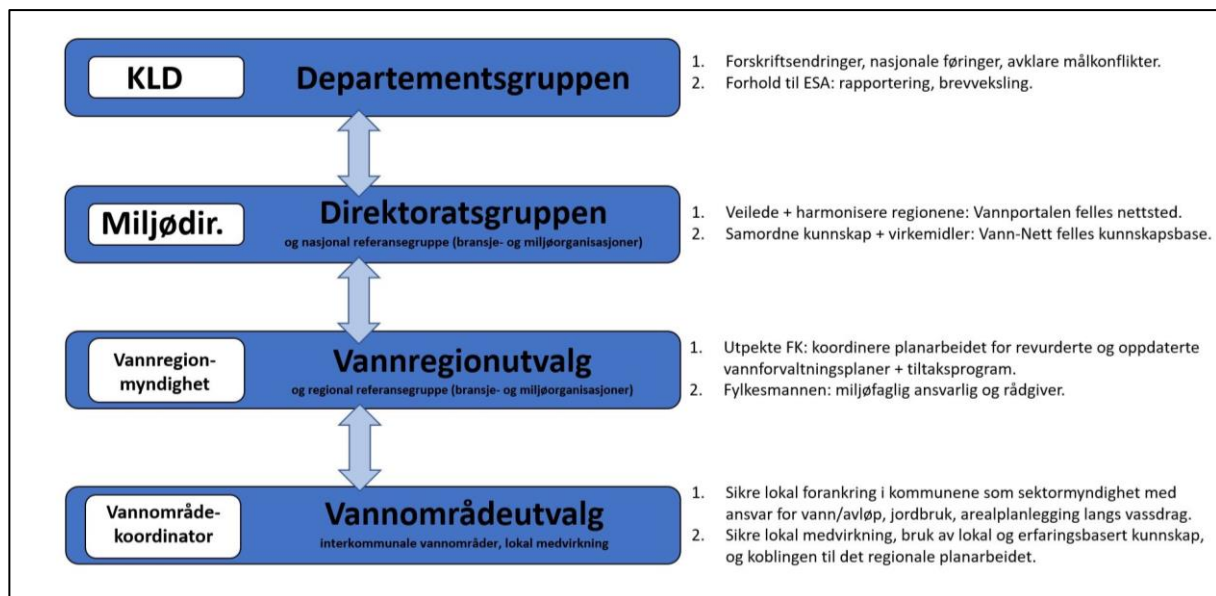
3.1.3 Lokalt nivå

Vannområdene deler vannregionene inn i 105 mindre områder som følger nedbørsfeltgrenser og ikke nødvendigvis kommunegrenser. Dette medfører at de fleste vannområdene er interkommunale. Arbeidet i vannområdene er som regel organisert gjennom vannområdeutvalg. Dette sikrer lokal forankring i forvaltningen. De fleste vannområdeutvalgene har en ansatt vannområdekoordinator som koordinerer arbeidet for å fremskaffe lokal kunnskap og bidrar til å lage grunnlaget for det regionale arbeidet med vannforvaltningsplaner og tiltaksprogrammer. [7]

Kommunene er en viktig planmyndighet som har ansvar for vedtak om gjennomføring av tiltak innen drikkevann, avløp og overvannshåndtering, i tillegg til landbruksforvaltning, arealforvaltning og

forurensning som påvirker vannmiljøet. Dette gjør kommunene til en viktig sektormyndighet i vannforvaltningen og er derfor sterkt involvert i arbeidet til vannområdeutvalgene og vannregionutvalgene. Kommunene har ansvar for miljømål og hensynet til vannmiljø er en del av alle plannivå i kommunen iht. den regionale vannforvaltningsplanen. [7]

Figur 3.2 oppsummerer organiseringen og samspillet mellom forvaltningsnivåene i vannforvaltningen i Norge.

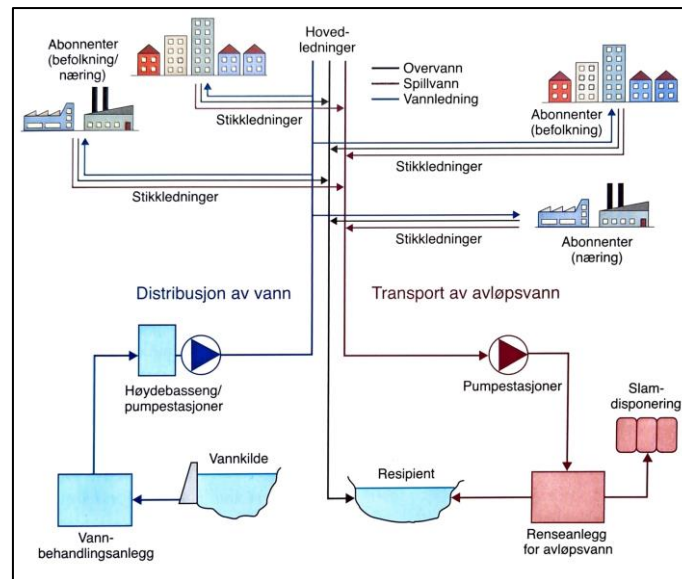


Figur 3.2: Organisering av vannforvaltningen i Norge. [11]

3.2 Norsk VA-sektor

Vann- og avløpsinfrastrukturen kan grovt skjematisk fremstilles som i Figur 3.3 med følgende hovedkomponenter:

- Vannkilde og tilhørende nedbørsfelt
 - Grunnvann eller overflatevann
- Vannbehandlingsanlegg
- Distribusjonssystem for vann
 - Ledningsnett, tunneler, høydebasseng og pumpestasjoner.
- Transportsystem for avløpsvann
 - Ledningsnett, høydebasseng og pumpestasjoner.
- Avløpsrenseanlegg, inkludert slambehandlingsanlegg
- Resipient for rensset avløpsvann. [14]



Figur 3.3: Vann- og avløpsinfrastruktur. [14]

3.2.1 Eierskap og organisering

Vann- og avløpsanleggene i Norge er hovedsakelig eid av kommunene. «Lov om kommunale vass- og avløpsanlegg» fra 2012 bestemmer at eksisterende og nye vann- og avløpsanlegg skal være eid av kommunene og kan ikke selges til private, men bare selges eller overdras fra private til kommuner.[15] Blant alle kommunene i Norge så har fire organisert seg til ett interkommunalt selskap. Dette medfører at det i dag er 353 offentlige vann- og avløpsenheter med ansvar for abonnenttjenestene. [1]

3.2.2 Ledningsnett

I dagens distribusjonsnett har kommunene ansvar for om lag 50 300 km vannledninger, 39 650 km avløpsledninger (inkl. fellesledninger) og 19 900 km avløpsledninger. Ledningsnettets ytterligere av private stikkledninger til og fra bygninger, i tillegg til vann- og avløpsanlegg i privat eie. [15]

3.2.3 Finansiering

Vann- og avløpstjenestene i Norge finansieres gjennom *selvkostprinsippet*. Det vil si at abonnentene betaler gebyr til kommunen til såkalt selvkost som vil si at det tas utgangspunkt i de faktiske kostnadene ved tjenesten. Disse gebyrene reguleres etter «Vass- og avløpsanlegglova», mens selvkost reguleres av «Selvkostforskriften». [15]

3.3 Ledningsregistreringsforskriften

Den 1. juni 2021 trådte ledningsregistreringsforskriften i kraft. Dersom det skal gjennomføres tiltak på ledningsinfrastrukturen til VA-nettet så stiller ledningsregistreringsforskriften krav til hvilke data som skal utleveres og dokumenteres underveis i prosessen. Kravene i forskriften har ikke tilbakevirkende kraft og gjelder bare ny infrastruktur. Når det gjelder kravene om utlevering av

dokumentasjon om ledningsanlegg og påvisning, gjelder dette for både eksisterende og nye anlegg. [16]

Lovgrunnlaget til forskriften er plan og bygningslovens § 2-3. *Opplysninger om infrastruktur i grunnen mv.* Hovedtrekkene i denne lovbestemmelsen er at; «eieren av infrastruktur i grunnen, sjø og vassdrag (ledningseieren) skal dokumentere opplysninger om plasseringen av og egenskaper ved infrastrukturen, slik at den kan lokaliseres på en effektiv og sikker måte»[17]. I tillegg til dette slår loven fast at ledningseier; «skal på forespørsel utlevere opplysninger om plasseringen av og egenskaper ved infrastrukturen til den som har et saklig behov for opplysningene»[17].

Ledningsregistreringsforskriften §4 forteller om «ledningseierens plikt til å dokumentere egne ledningsanlegg». Denne sier at ledningseiers egne ledningsanlegg skal stedfestes og dokumenteres iht. standard som er utgitt av «Statens kartverk eller likeverdig internasjonalt akseptert standard»[18]. Likevel så sier forskriftens veileder at det ikke finnes en slik likeverdig standard i dag [16]. Dette kravet gjelder både når ledningseieren «a. etablerer et nytt ledningsanlegg, b. utfører arbeider som endrer egne eksisterende ledningsanlegg, c. utfører arbeider som avdekker et eget eksisterende ledningsanlegg, når dette ikke tidligere er målt inn eller dokumentert i henhold til gjeldende krav etter første ledd, eller det er feil i denne dokumentasjon.»[18]

Standarden som omtales i forskriften går under navnet «Stedfesting av ledninger og andre anlegg i grunnen, sjø og vassdrag» og er tilgjengelig på Kartverkets nettsider. Veilederen til ledningsregistreringsforskriften forteller at denne standarden beskriver hvordan det skal dokumenteres, samt nøyaktighetskrav for stedfestingen. Den fastsetter også hva som skal registreres i både grunnriss (x- og y-koordinater) og høyde (z-koordinat). [16]

Forskriftens §5 forteller om hva ledningseier plikter å utlevere av opplysninger ved forespørsel. Ledningsregistreringsforskriften §5, første ledd sier: «Ledningseieren skal på forespørsel utlevere opplysninger om plassering av ledningsanlegget, og om påliteligheten av opplysningene, til utbyggeren eller andre som har et saklig behov for opplysningene. Dokumentasjonen skal blant annet omfatte kart som viser ledningsanleggets beliggenhet i grunnriss og høyde med koordinater i nasjonalt geodetisk grunnlag. Plikten omfatter også opplysninger om ledningsanlegg som er tatt ut av bruk.»[18]

Dersom det skal utleveres informasjon om ledningsanlegg som ikke er dokumentert etter kravene til ledningsforskriften, så skal det gis opplysninger om anlegget så langt det er kjent. [18]

3.4 BIM – Bygningsinformasjonsmodellering

For å svare på produktivitetsutfordringen i bygg- og anleggsnæringen så er næringen i en evig digitaliseringsprosess. Dette gjøres for å utvikle bedre forutsetninger for å planlegge og koordinere prosjektene. BIM er på mange måter BAE-næringens konkretisering av digitalisering [3].

BIM er en forkortelse for bygningsinformasjonsmodell. Det finnes mange forsøk på å definere begrepet på en kort og enkel måte. Felles for de fleste er at det inkluderer en prosess, en måte å

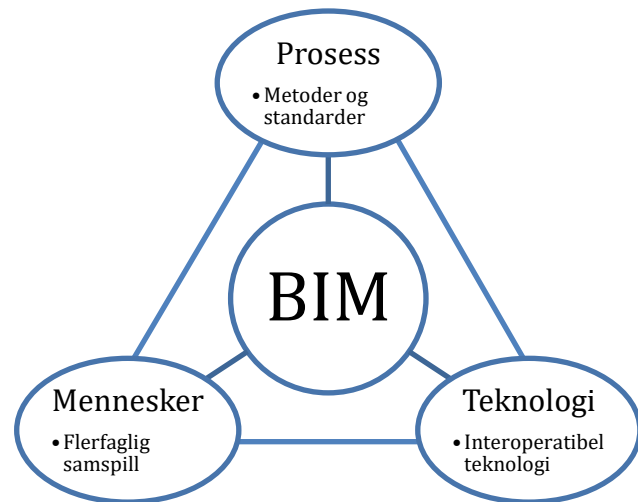
arbeide på og samarbeide på [3]. Et eksempel er definisjonen i den sentrale standarden NS-EN ISO 19650-1 som beskriver begrepet på følgende vis:

«Bruk av en delt digital framstilling av et byggverk for å legge til rette for prosjektering, bygging og driftsprosesser slik at det kan dannes et pålitelig grunnlag for beslutninger» [19]

3.4.1 Prosess, teknologi og mennesker

Det finnes en tradisjonell forståelse av at BIM er en tredimensjonal modell som også inneholder en viss mengde informasjon og som kan deles i form av en datafil. Dette er ikke direkte feil, men det gir en for snever forståelse av BIM i praksis. [3]

Det brukes i dag gode BIM-programvarer (teknologi) i tillegg til at det finnes dyktige fagpersoner (mennesker) med god profesjonskunnskap for sitt fag. På tross av dette ser man ikke de store forbedringene i produktivitet i bygg- og anleggsbransjen. For å høste av det teknologien har å tilby, så trengs det en ny type kompetanse som bygger bro mellom profesjon (mennesker) og programvare (teknologi). Denne kompetansen bygger på prinsipper og praksis for informasjonsledelse og får oss til å arbeide og samarbeide på nye måter. [3]



Figur 3.4: BIM i praksis – Prosess, teknologi og mennesker.

3.4.2 Åpen BIM – interoperabilitet

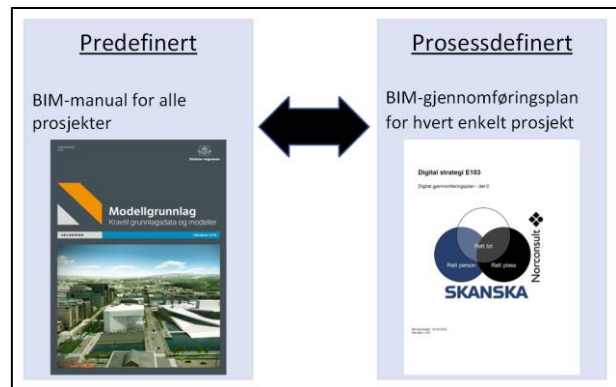
BuildingSMART en bransjeorganisasjon for såkalt, åpenBIM. Dette er BIM-prosesser der man bygger bro mellom mange typer programvarer og ulike filformater. IFC (Industry Foundation Classes) er et slikt filformat. Dette gjør det mulig at alle programvareleverandører som ønsker det, kan programmere inn funksjon for å eksport eller import til eller fra dette filformatet. [3]

Andre åpne formater som er verdt å nevne, er også «SOSI» (Samordnet Organisering av Stedfestet Informasjon) og «GML» (Geography Markup Language). Dette er imidlertid ikke å regne som BIM-format, men GIS-format (Geographic Information Systems).

Motsetningen til åpenBIM er lukketBIM. Dette er filformater som produseres i hvert enkelt prosjekteringsverktøy, der man vil være avhengig av at man opererer i den samme programmaren for å kunne utveksle formatet. Dette kalles også *proprietære* formater.[3] Eksempler på dette er RVT (fra Autodesk Revit) eller GMI (fra Gemini).

3.4.3 BEP – BIM gjennomføringsplan

BEP står for «BIM execution plan», eller på norsk, «BIM-gjennomføringsplan». Disse planene inngår som en del av kontraktsdokumentene for hvordan prosjektene skal gjennomføres. Man skiller mellom *predefinert* og *prosessdefinert* BIM-gjennomføringsplan. I reelle prosjekter er det normalt å utarbeide en *prosessdefinert* BIM-gjennomføringsplan som møter kravene fra den *predefinerte* planen i tillegg til tilpassede regler for prosjektet. [3]



Figur 3.5: Predefinert og prosessdefinert BIM-gjennomføringsplan.

Flere av de største offentlige byggherrene i Norge har egne predefinerte BIM-manualer:

- Statens vegvesen – «V770» (med ny høringsutgave «R000»)
- Bane NOR – «Krav til modellbasert prosjektering og BIM Generelle krav»
- Statsbygg – «SIMBA 2.1»

3.4.4 MMI – Modell Modenhets Indeks

MMI er en indeks som beskriver modningsgraden til objekter i BIM-modeller ved hjelp av standardiserte tallkoder. Disse tallkodene beskriver modenheten til objektene både med tanke på geometri og informasjonsinnhold. Målet med dette er å etablere et standardisert språk som kommuniserer ferdiggraden av objekter i en BIM-modell på en entydig og lettfattelig måte. [3]



Figur 3.6: MMI-skalaen.

3.5 BIM versus GIS

GIS står for Geographic Information Systems, eller på norsk, Geografisk Informasjonssystem. GIS er et verktøy for innsamling, lagring, organisering, analysering og visualisering av geografisk informasjon. GIS representerer virkeligheten ved hjelp av enten *vektordata* eller *rasterdata*. *Vektordata* er gitt med koordinater og representerer punkter, linjer eller polygon som består av et sett med linjer som utgjør en lukket flate. *Rasterdata* representerer et rutenett med en passende cellestørrelse der hver celle tildeles en variabelverdi. [20]

BIM og GIS har tradisjonelt levd side ved side som to systemer, som i stor grad utfyller hverandre. I de senere år har det blitt enklere og mer vanlig å kombinere begge formatene i forskjellige type systemer. På denne måten får man både utnyttet analysekraften som ligger i GIS-formatet samtidig som man har detaljnivået i BIM-formatet. Det finnes mange ulike bruksområder for en slik kombinasjon og bruksområdene er i stadig utvikling. [21]

3.6 Tilsvarende forskning/arbeid

Etter et søk på den tverrfaglige databasen Oria, er det funnet to tilsvarende masteroppgaver om temaet. Begrensningene i søket er satt til de siste 5 år, på norsk og med søkeord som beskrevet i Tabell 3.1.

Søkeord med avgrensninger	Database og treff	Vurdering	Valgt litteratur
	Oria		
(BIM OR model*) AND (VA OR «vann og avløp»)	49	Lest sammendrag: 5 Ansett relevant: 2	(Dyver et.al)[22] (Hagen et.al)[23]

Tabell 3.1: Søkeord i litteratursøk for å finne tilsvarende forskning eller arbeid

Den ene masteroppgaven har tittelen «*Vurdering av VA-bransjens mulighet og modenhet for BIM i prosjekteringsfasen for ledningsnett*». Masteroppgaven konkluderer med at det er gode muligheter og modenhet for BIM i prosjekteringsfasen. I tillegg til dette gir funksjonaliteten i programvare gode muligheter for prosjektering av VA slik at det er fordelaktig å ta i bruk BIM for VA. [22]

Den andre masteroppgaven har tittelen «*Evaluering av prosjektstyringen i vann- og avløpsbransjen ved implementering av MMI*». Masteroppgaven konkluderer blant annet med at BIM brukes hovedsakelig av prosjekterende ingeniører og ikke i stor nok grad av utførende og de andre aktørene. Derfor trengs det modning før MMI kan implementeres i alle ledd. [23]

3.7 Forkortelser-/ begrepsdefinisjoner

API	Application Programming Interface
BEP	BIM execution plan
BIM	Bygningsinformasjonsmodell
DWG	Proprietært filformat fra programvaren Autodesk
Fagmodell	En modell tilhørende et fag. F.eks vann- og avløp
GIS	Geographic Information Systems. Format for geografisk data
GMI	Proprietært filformat fra programvaren Gemini
GML	Geography Markup Language. Åpent internasjonalt utvekslingsformat
Grunnlagsdata	Samlebetegnelse på data som trengs for å bygge opp en grunnlagsmodell
Grunnlagsmodell	Modell som inneholder eksisterende situasjon før modellprosjektering
G-tegning	Tegningsoppsett fra Statens vegvesens håndbok R700 for drenering og vannbehandling
H-tegning	Tegningsoppsett fra Statens vegvesens håndbok R700 for VA-ledninger
ICE	Integrated Concurrent Engineering
IFC	Industry Foundation Classes
Kum-kort	Dokumentasjon knyttet til inspeksjon og vedlikehold av kummer
MMI	Modell Modenhets Indeks
NVDB	Nasjonal vegdatabank
Objekt-egenskap	Beskrivende informasjon som hører til et objekt i en modell
RVT	Proprietært filformat fra programvaren Autodesk Revit
SOSI	Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon. Særnorsk åpent utvekslingsformat (GIS)
Stikningsdata	Koordinatfestet punkter og linjer for posisjonering av ulike elementer.
TFG	Tverrfaglig gjennomgang
TFK	Tverrfaglig kontroll
VA	Vann og avløp
VDC	Virtual Design and Construction
XSD-skjema	XML Schema Definition. Brukes for validering av innhold for XML/GML-dokumenter

Tabell 3.2: Forkortelser-/ begrepsdefinisjoner

4 Case

I denne masteroppgaven er det inkludert en enkelcase-studie for å, blant annet, kunne vise til et eksempel på en modellbasert prosjektgjennomføring av VA-anlegg.



Figur 4.1: Anleggsarbeider på Ramstadsletta, mai 2023. (Foto: Sofia Gavidia-Ascario). [25]

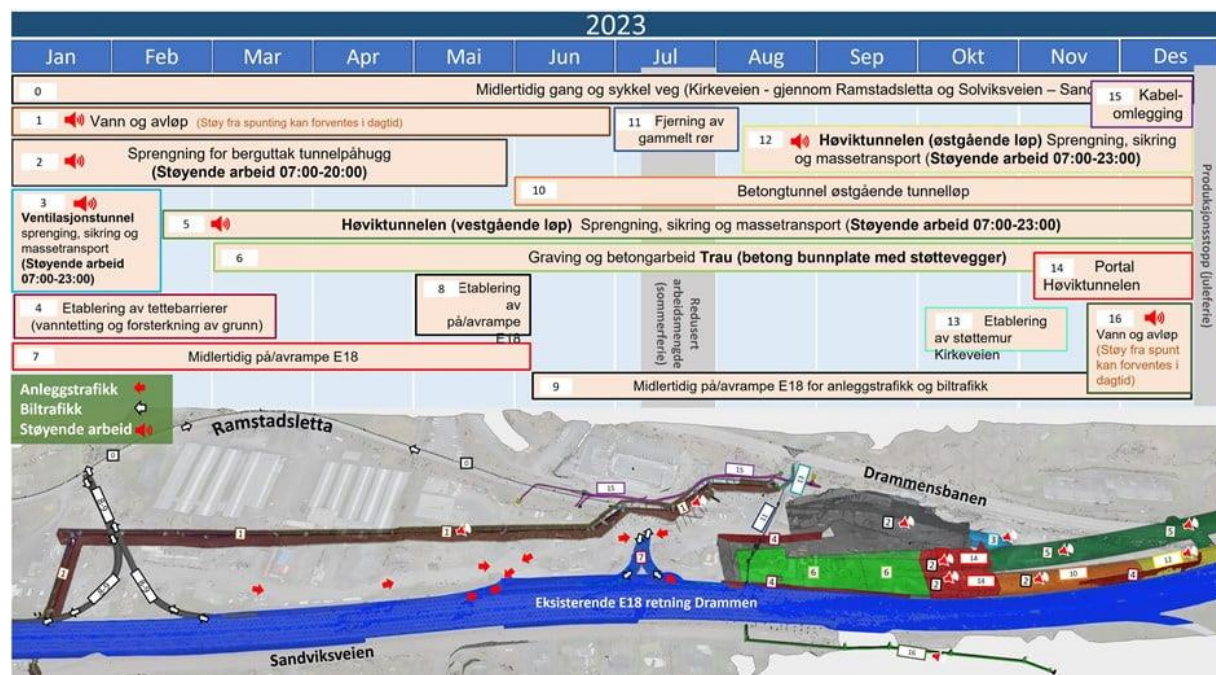
4.1 E18 Strand – Ramstadsletta

«Strand – Ramstadsletta» er en del av strekningen i det store vegprosjektet «E18 Lysaker – Ramstadsletta».

Prosjektet har til hensikt å sikre at færre personer utsettes for støy og lokal luftforurensning. I tillegg skal det forbedre infrastruktur for gående, syklende og kollektiv, og legge til rette for byutvikling på Fornebu og Lysaker. E18 Strand – Ramstadsletta utføres som en totalentreprise der Skanska AS er totalleverandør. Det betyr at Skanska AS er ansvarlig for prosjektering og bygging på strekningen. [24]

4.1.1 Ny trasé for vann og avløp

I prosjektet inngår det også en stor ny trasé for vann og avløp. Denne traséen går gjennom anleggsområdet på Ramstadsletta og krysser under eksisterende E18. Hensikten med denne nye traséen er, i første rekke, at dagens trasé må legges om fordi fremtidens E18 vil ligge lavere i terrenget enn det dagens E18 gjør. Ledningene i denne traséen forsyner i dag boliger på sørsiden av E18. Disse er også gamle og underdimensjonerte og skal oppdimensjoneres for å møte fremtidens behov og krav til kapasitet. I tillegg til dette skal denne ledningen også fungere som overvannsledning fra et nytt flomtinntak ved Kirkeveien. Dette arbeidet gjennomføres i hovedsak for Bærum kommune. [25]



Figur 4.2: Planlagte anleggsaktiviteter på entreprisen E103 Strand-Ramstadsletta i 2023 (Illustrasjon: Skanska Norge AS) [25]

5 Forskerspørsmål

Utvikling av digitale prosesser er nødvendig for å møte den generelle produktivitetsutfordringen i bygg- og anleggsbransjen. Det er også nødvendig for å møte det økte informasjonsbehovet i VA-sektoren i møte med bærekraftutfordringer.

Som tidligere nevnt er ikke BIM bare digitale verktøy og teknologi. BIM handler også om prosesser og samarbeidende mennesker. Ut ifra den helhetlige forståelsen av BIM og behovet for digitalisering i VA-bransjen, er det stilt følgende forskerspørsmål med tre underspørsmål. De tre underspørsmålene er ment til å, samlet sett, føre frem til et svar på hovedspørsmålet:

Hva skal til for å utvikle en heldigital prosjektgjennomføring av VA-anlegg?

- Hvordan er prosessene hos prosjekteiere, rådgivere og entreprenører knyttet til informasjonsflyt og krav til dokumentasjon i dag?
- Hva er den «beste praksisen» for produksjon og utveksling av nødvendig informasjon og dokumentasjon i hele prosjektforløpet?
- Hvordan bør en modellbasert prosjektgjennomføring av VA-prosjekter struktureres for å gi en integrert prosess fra prioriteringer i forvaltningen til utførelse av prosjektet og drift av anlegget?

5.1 Avgrensninger

For å kunne svare på forskerspørsmålet er det gjort følgende avgrensninger i oppgaven:

- Prosessene som er undersøkt begrenser seg til samspillet mellom Norske kommuner, rådgivende ingeniører og entreprenører. Prosjekteiere defineres i dette tilfellet som kommuner, men datagrunnlaget bygger på informasjon fra prosjekter med andre prosjekteiere enn kommunene.
- Prosessen som undersøkes gjelder fra et prosjekt oppstår til og med leveranse og mottak av «som bygget»-dokumentasjon og bruken av denne.
- VA-anlegg gjelder i dette tilfellet ledningsnett for vann, avløp og overvann. Det gjelder ikke vannbehandlingsanlegg, innendørs vann- og avløpssystem eller tilsvarende.

6 Metode

Hensikten med denne oppgaven er å frembringe gyldig og troverdig kunnskap om virkeligheten. Virkeligheten i denne oppgaven er å finne ut av «Hva skal til for å utvikle en heldigital prosjektgjennomføring av VA-anlegg?». For å få til dette trengs en strategi for hvordan en skal gå frem. En slik strategi er metoden i oppgaven. [26]

For å sikre kvalitet i metoden i denne masteroppgaven så er det tatt i bruk støttelitteratur om vitenskapelige forskningsmetoder og om skriveprosessen generelt. Boka «Hvordan gjennomføre undersøkelser», skrevet av Dag Ingvar Jakobsen er brukt som oppslagsverk når det kommer til samfunnsvitenskapelig forskningsmetode. Denne boken har særlig vært brukt til strukturering av den kvalitative undersøkelsen knyttet til intervjuene. Boka «Masteroppgaven: Hvordan begynne – og fullføre» er brukt som et oppslagsverk når det kommer til å strukturere skriveprosessen generelt under gjennomføringen av prosjektet.

Prosessen i dette prosjektet er delt inn i tre hovedfaser: Innledende fase, kvalitativ datainnsamling og, til slutt, tolkningsfase. Videre i dette kapittelet blir innholdet og fremgangsmåten i de ulike fasene beskrevet.



Figur 6.1: Prosjektets tre hovedfaser

6.1 Innledende fase

Den innledende fasen av prosjektet består i hovedsak av utvikling og valg av forskerspørsmål, forskningsdesign og planlegging av prosjektet. Som et arbeidskrav i masteroppgaven har det blitt sendt inn og godkjent forskerspørsmål og fremdriftsplan for prosjektet. Dette kravet er satt til den 03. februar 2023, omtrent en måned etter prosjektoppstart den 04. januar 2023.

6.1.1 Utvikling av problemstilling

Vanligvis er det Universitetet i Agder som stiller med aktuelle problemstillinger til masteroppgaver. Det er likevel en mulighet for at man selv kan hente inn en aktuell problemstilling dersom den godkjennes av emneansvarlig for masteroppgaven. Denne masteroppgaven er et resultat av en slik egeninnhentet problemstilling.

Høsten 2022 fikk jeg jobbtillbud av Norconsult, avdeling for vann – vei og bane. I forbindelse med dette ble det ytret et ønske, fra min side, om å utarbeide en aktuell problemstilling som er relevant for den stillingen jeg skal tiltre etter endt utdanning. Dette resulterte i at mine kolleger i Norconsult utarbeidet et forslag til oppgavebeskrivelse og problemstilling til meg. Forslaget var basert på en prosjektbeskrivelse fra nettverket «VA-yngre» i samarbeid med Asker kommune. Denne oppgavebeskrivelsen ble sendt inn og godkjent av emneansvarlig.

Den overnevnte prosjektbeskrivelsen går under navnet «8-2022 Modellbasert prosjektgjennomføring for utomhus VA-anlegg». Målsetningen for dette prosjektet er å utarbeide og etablere en veileder i form av en digital tjeneste for «*modellbasert prosjektgjennomføring for utomhus VA-anlegg*». Innholdet i veilederen skal være rettet mot både erfarne og uerfarne oppdragsgivere og andre aktører som deltar i prosjektering, bygging og drift av VA-anlegg. [27]

Etter prosjektoppstart, den 04. januar 2023, fortsatte utviklingen av problemstillingen som en del av den innledende fasen i prosjektet. Sammen med ekstern veileder, Sindre Øystese, utarbeidet jeg et førsteutkast til problemstilling. Utgangspunktet til denne problemstillingen var prosjektbeskrivelsen fra VA-yngre og den foreløpige skissen for undersøkelsesopplegg.

I forkant av innleveringsfristen for det endelige forskerspørsmålet, den 3. februar 2023, ble forskerspørsmålet videre presisert. Også seniorrådgiver i Norconsult, Bjørn Skaar, kom med innspill og forslag til omformuleringer av første utkast av forskerspørsmålet. Disse forslagene er i stor grad den formuleringen av det endelige forskerspørsmålet. Før innsending av forskerspørsmål for godkjenning ble det gjort mindre språklige justeringer sammen med intern veileder, Helge Liltved.

Forskerspørsmålet ble godkjent med kommentarer av emneansvarlig, Annette Heimdal, den 20. februar 2023. kommentarene førte til en mindre språklig presisering i forskerspørsmålet og videre presiseringer som er beskrevet under avgrensninger til forskerspørsmålet.

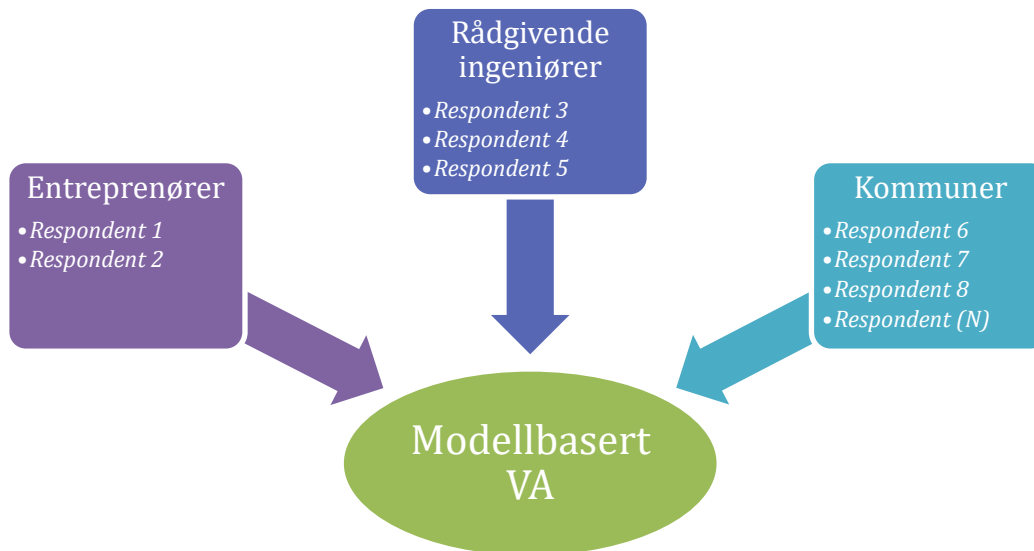
Det er viktig å definere hva slags type problemstilling som det jobbes med i oppgaven. Det er fordi det vil ha mye å si for hvilke forskningsdesign og hva slags type data som er best egnet til å belyse problemstillingen [26]. Problemstillingen som er satt i prosjektet er en såkalt *beskrivende* og *eksplorerende* problemstilling. Det er fordi problemstillingen er preget av begrenset kunnskap om fenomenet «modellbasert prosjektgjennomføring av VA-anlegg» før forskningsopplegget har startet og det søkes en forståelse slik at problemstillingen dermed er utforskende eller *eksplorerende*.

6.1.2 Utvikling av forskningsdesign

Parallelt med utvikling av problemstilling er det jobbet med utvikling av forskningsdesign. På samme måte som at det finnes forskjellige typer problemstillinger så finnes det også forskjellige typer forskningsdesign. Disse vil på ulik måte og i ulik grad være egnet til å kunne svare på problemstillingen. Valget av forskningsdesign har dermed mye å si for undersøkelsens *validitet* (gyldighet). Dette vil i hovedsak være knyttet til *intern* og *ekstern gyldighet*. Den *interne gyldigheten* er knyttet til hvorvidt de dataene som er samlet inn har dekning for konklusjonene som trekkes, mens den *eksterne gyldigheten* er knyttet til i hvilken grad man kan generalisere funnene til å også gjelde andre sammenhenger. [26]

Problemstillingen i oppgaven legger opp til å studere fenomenet «prosjektgjennomføring av VA-anlegg» og prosessene knyttet til informasjonsflyt og dokumentasjon er hos prosjekteiere, rådgivere og entreprenører. Dette medfører at det kreves et *intensivt opplegg* gjennom å gå i dybden på fenomenet og få en detaljert og grundig forståelse av hvordan virkeligheten er og oppfattes av de som undersøkes [26].

Forskningsdesignet som er valgt i denne masteroppgaven er en utvalgsstudie i form av en *små-N-studie* og er illustrert under, i Figur 6.2. En slik studie trekker ut enheter fra ulike kontekster for å belyse et fenomen [26]. I dette tilfellet er det respondenter fra entreprenører, rådgivende ingeniører og kommuner. I en slik *små-N-studie* velges respondentene ut, med det mål for øyet, for å få ulike perspektiver på det samme fenomenet [26]. Det vil si at respondentene, i dette tilfellet, tilhører forskjellige entreprenører, rådgivende ingeniørselskap eller kommuner.



Figur 6.2: Små-N-studie med respondenter fra ulike kontekster.

6.1.3 Valg av type informasjon

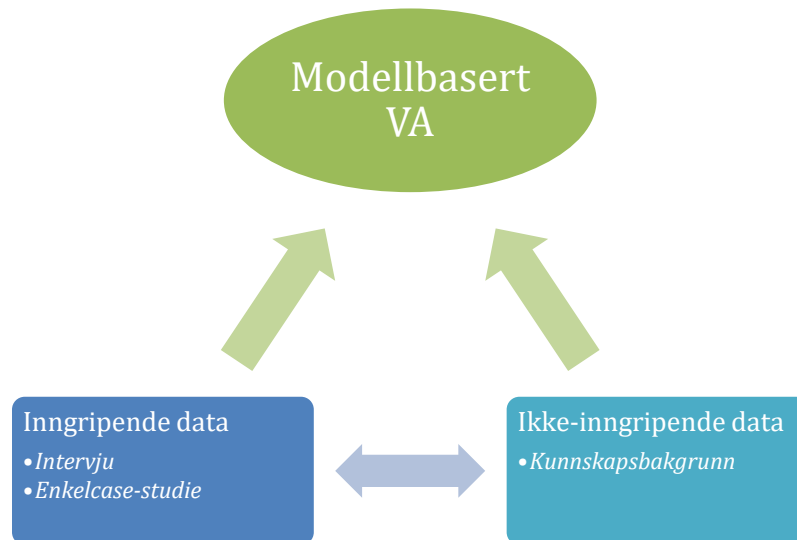
Når man skal velge type informasjon i datagrunnlaget for undersøkelsen så må man vurdere hvordan man best mulig kan «måle virkeligheten» i lys av problemstillingen. Før man avgjør valg av «måleinstrument», må man finne ut om det finnes allerede tilgjengelig data som vil kunne belyse problemstillingen eller om det må samles inn ny data. Data som allerede finnes, kalles *sekundærdata* og er data som er samlet inn for andre, men som er tilgjengelig. Data som samles inn for første gang gjennom forskningsopplegget, kalles *primærdata*. Uansett om man tar sikte på å «måle virkeligheten» gjennom *primær-* eller *sekundærdata*, så skiller man mellom det å «måle virkeligheten» i form av tall/statistikk (*kvantitative data*) eller ord/tekster (*kvalitative data*). [26]

Ut ifra den *eksplorerende* problemstillingen og det *intensive* forskningsdesignet gjennom små-N-studie, så er det valgt en *kvalitativ* tilnærming i denne masteroppgaven. Det er fordi en *kvalitativ* metode er velegnet til å få frem nyanserte beskrivelser og kontekstuelle forhold som problemstillingen og forskningsdesignet legger opp til.

Denne masteroppgaven samler inn både *inngripende* og *ikke-inngripende* data. *Primærdata* i denne undersøkelsen samles inn i form av *åpent kvalitativt intervju* i tillegg til en *enkelcase-studie*. Dette er former for *inngripende data* som vil si at det kreves en aktiv handling fra den eller de som det forskes på [26]. I tillegg til dette samles det også inn *ikke-inngripende sekundærdata*. Dette er tilgjengelige data som vil kunne måle et fenomen som dataene opprinnelig ikke er ment for å måle [26]. Disse

dataene er i form av eksisterende kvalitative kilder som finnes gjennom litteratursøk i tillegg til relevante internasjonale og nasjonale bransjestandarder for modellbasert prosjektgjennomføring.

De *inngrepene primærdataene* og de *ikke-inngrepene sekundærdataene* er ment til å utfylle hverandre for å kunne svare på forskerspørsmålet på best mulig måte. En slik metodetilnærming er en form for «blandet metode» eller «metodetriangulering» og er illustrert under, i Figur 6.3.



Figur 6.3: Blandet metode for valg av type informasjon.

6.1.4 Fremdriftsplanlegging

Som en del av den innledende fasen har det også blitt laget en fremdriftsplan i Microsoft-Project. Fremdriftsplanen er på ukenivå og beskriver alle faser og arbeidsoppgaver under hele masterprosjektet. Den 3. februar 2023 ble fremdriftsplanen levert inn på for godkjenning av emneansvarlig.

6.2 Kvalitativ datainnsamling

Datainnsamlingsmetoden påvirker undersøkelsens *validitet* (gyldighet) og *reliabilitet* (pålitelighet). *Validiteten* til dataene som samles inn er knyttet til i hvilken grad datainnsamlingsmetoden er egnet til å svare på forskerspørsmålet. *Reliabiliteten* knytter seg til om datainnsamlingsmetoden i seg selv vil kunne påvirke validiteten til de dataene som samles inn gjennom undersøkelseeffekter og det faktum at alle metoder er selektive i informasjonsinnsamlingen. [26]

Dette delkapittelet tar for seg de kvalitative innsamlingsmetodene som er brukt i denne masteroppgaven. Disse metodene er en litteraturstudie, åpne individuelle intervju og en case-observasjon.

6.2.1 Behandling av personopplysninger

Under gjennomføringen av denne masteroppgaven er det samlet inn og behandlet navn, e-postadresser og telefonnummer på enkeltpersoner. Disse opplysningene samles inn for å kunne

opprette kontakt med respondenter til gjennomføring av intervjuer. I tillegg til dette så kan en sum av bakgrunnsopplysninger identifisere enkeltpersoner ut ifra det som publiseres i denne oppgaven. Dette er forhold som medfører at det samles inn og bearbeides personopplysninger.

Universitetet i Agder har rutiner for behandling av personopplysninger i forskning og studentoppgaver. [28] For å imøtekomme disse rutinene så er, blant annet, prosjektet meldt inn til personverntjenesten, Sikt, for en vurdering av prosjektet. Sikt er kunnskapssektorens personverntjenesteleverandør som gir råd og vurderer behandling av personopplysninger i forskning og studentoppgaver. [29]

Innsending av meldeskjema til Sikt

Før innsamling av data kan starte, må Sikt ha gitt en vurdering av behandlingen av personopplysninger i prosjektet. For at sikt skal kunne gi en vurdering så må det sendes inn et meldeskjema. I meldeskjemaet er det beskrevet hvilke type personopplysninger som samles inn og hvordan det behandles under prosjektgjennomføringen. Den 30.01.2023 ble meldeskjemaet sendt inn til Sikt. Se vedlegg 3 for innsendt meldeskjema.

Sikt leverte en vurdering og godkjenning av prosjektet den 31.01.2023. Innsamling av data skjedde ikke før 01.03.2023. Se vedlegg 4 for Sikt sin vurdering og godkjenning.

Samtykke/Informasjonsskriv

UiAs rutiner, i tråd med god forskningsetikk, krever at det skal innhentes samtykke ved innsamling og behandling av personopplysninger. I den forbindelse er det utarbeidet et informasjonsskriv etter en mal som ligger på Sikt sin nettside. Dette informasjonsskrivet inneholder informasjon som respondentene har krav på å vite om prosjektet i tillegg til en samtykkeerklæring som skal underskrives av deltakerne. Se vedlegg 2 for informasjonsskriv som ble sendt til og underskrevet av alle respondenter.

Retningslinjer for bruk av video

Alle intervjuer, med unntak av ett, ble gjennomført web-basert på videomøtetjenesten Teams. Etter UiA sine retningslinjer er det ikke anledning til å ta opptak av intervjuene direkte i Microsoft Teams. Opptak må gjøres enten med UiAs egne diktafoner som kan lånes eller gjennom sikker løsning for lagring og innsamling av data. [30]

Alle forutsetningene for å bruke web-baserte intervjuer etter UiAs retningslinjer ble fulgt. Det innebærer at møtelenke ikke deles offentlig, møtet må være passordbeskyttet og benytte lobby/venterom for å slippe inn riktige personer i intervjuet. [30]

Nettskjema diktafon

Nettskjema er en løsning for sikker lagring og innsamling av data og brukes av både studenter og ansatte ved Universitetet i dag. Tjenesten tilbyr utarbeidelse av spørreskjemaer, påmeldingskjema, flervalgsoppgaver og opplasting av lydopptak eller bilder. *Nettskjema* kan også integreres med «Tjenester for Sensitive Data» (TSD) dersom det samles inn sensitive personopplysninger. Denne tjenesten er levert av Universitetet i Oslo. [31]

Mobilapplikasjonen «*Nettskjema-diktafon*» er tatt i bruk for å gjøre lydopptak og lagre informasjon fra intervjuer på en sikker og rutinemessig metode. Applikasjonen kan lastes ned fra «App Store» eller «Google-Play». Før applikasjonen er tatt i bruk i dette prosjektet så har Sikt gitt godkjenning av metoden for denne datainnsamlingsmetoden. Siden dette prosjektet ikke samler inn data som betraktes som sensitive personopplysninger, så er ikke nettskjemaet integrert med TSD.

«*Nettskjema-diktafon*» fungerer ved at man på forhånd oppretter et prosjekt i *Nettskjema.no* og setter opp et spørreskjema som tillater opplasting av lyd. Deretter kobler man mobilapplikasjonen til referansenummeret til det forhåndsoppsatte nettskjemaet. Lydopptaket settes enkelt i gang i applikasjonen og lastes opp i *Nettskjema.no*, der det er lagret på en sikker måte.

Sletting av personopplysninger

UiA og Sikt krever at alle personopplysninger slettes eller anonymiseres ved prosjektslutt. [28] Derfor vil alle data som anses som personopplysninger slettes ved prosjektslutt, som er satt til den 08.06.2023. Disse dataene er transkripsjoner fra intervju og lydopptak som ligger lagret på *Nettskjema.no*. Sikt vil også følge opp dette ved å sende en forespørsel om bekreftelse av at behandlingen av personopplysninger er avsluttet ved prosjektslutt.

6.2.2 Åpent individuelt intervju

En stor del av datagrunnlaget i denne masteroppgaven tar utgangspunkt i individuelle åpne intervjuer. En slik datainnsamlingsmetode kjennetegnes ved at forskeren prater sammen med en respondent, som i en vanlig dialog. Dataene som samles inn kommer i form av ord, setninger og fortellinger. [26]

Disse intervjuene er godt egnet til å belyse det eksplorerende forskerspørsmålet som er satt i oppgaven. Forskerspørsmålet legger også opp til at det er interessant å vite hvordan enkelte individ fortolker og legger mening i fenomenet som undersøkes, ut ifra sin kontekst. I tillegg til dette så tillater forskerspørsmålet undersøke relativt få enheter, slik at det er overkommelig å gjennomføre en såpass intensiv innsamlingsmetode. [26]

Utvalg

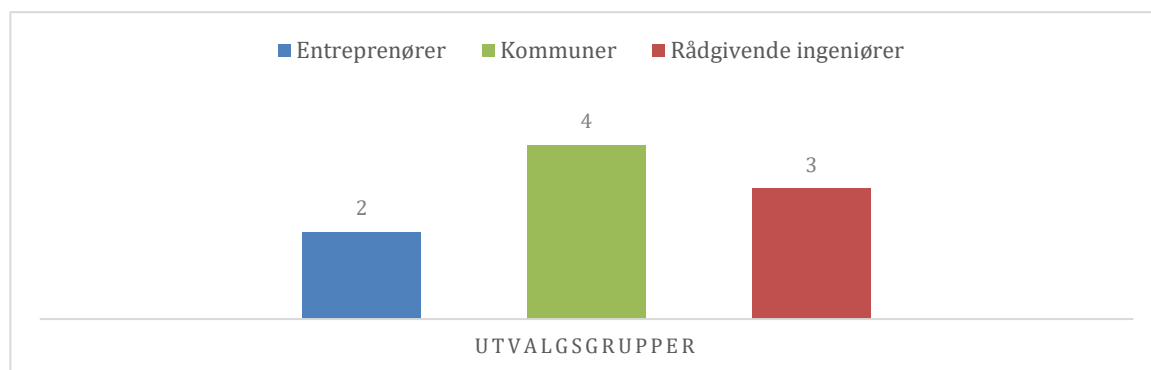
En utfordring med de aller fleste undersøkelser er at man ofte må være selektiv for hvem man velger å undersøke siden man sjelden har tid til å undersøke alle man ønsker. Derfor er det viktig å ha i bakhodet at undersøkelsen alltid er et utsnitt av både temaer, kontekst, tid, personer og hendelser. I tillegg så vil det alltid være knuttet svakheter til det å foreta et utvalg. Det er for eksempel knyttet usikkerhet til om man har med de riktige enhetene/personene og om det er andre viktige enheter/personer som burde vært med i utvalget. [26]

Utvalget er delt i tre forskjellige utvalgsgrupper. Disse er også styrt av spørsmålstillingen i forskerspørsmålet som nevner prosjekteiere, rådgivere og entreprenører. Når det kommer til prosjekteiere, så finnes det også flere ulike kategorier av dette. For å konsentrere utvalget mest mulig og gi bedre grunnlag for å sammenligne, så er kommunene valgt å representere prosjekteierne.

Utvalget består dermed av utvalgsgruppene entreprenører, kommuner og rådgivende ingeniører.

Kontaktnettverket til de eksterne veilederne i Norconsult er benyttet for å komme frem til utvalget av respondenter. Dette resulterte med en liste over flere navn og e-postadresser som ble brukt til å opprette kontakt for forespørsel om intervjuer. For å opprette kontakt med respondentene for å arrangere intervju, ble alle respondentene kontaktet på mail der de også fikk presentert oppgaven. Dersom de var positive til å stille til intervju, fikk de tilsendt intervjuguide og et informasjonsskriv. De aller fleste som ble kontaktet stilte også opp på intervju. Det var flest personer fra entreprenørene som avsto fra å la seg intervju.

Da alle intervjuer var gjennomført i løpet av den oppsatte fremdriftsplanen, endte utvalget opp med å bestå av til sammen 9 personer. 2 fra utførende entreprenører, 4 forskjellige kommuner og 3 rådgivende ingeniører. Se Tabell 6.1 for utvalgsbeskrivelse.



Figur 6.4: Antall respondenter i hver utvalgsgruppe.

Utvalgsgruppe	Respondent	Nåværende rolle
Rådgivende ingeniør	1	VA-ingeniør og BIM-ansvarlig for VA på konsernnivå i Asplan Viak.
	2	Rådgivende ingeniør i Norconsult Digital. Utleid til byggherreorganisasjonen «Bybanen Utbygging AS».
	3	Rådgivende VA-ingeniør i Norconsult. Utleid til en byggherreorganisasjon i Equinor.
Entreprenør	4	Stikningsleder i Skanska.
	5	BIM-leder i Hære Entreprenør.
Kommune	6	Relevant leder i Stavanger kommune.
	7	Relevant leder i Kristiansand kommune (to respondenter intervjuet samtidig).
	8	Relevant overingeniør i Bærum kommune.
	9	Relevant ingeniør i prosjekteringsseksjonen i Oslo VAV.

Tabell 6.1: Rollebeskrivelser av respondenter.

Strukturering

Et åpent individuelt intervju kan ha ulik grad av struktur og åpenhet. Strukturingsgrad av et intervju kan betraktes som et spekter mellom to ytterpunkter. Det kan være «*helt lukket*» gjennom at det

inneholder fast oppsatte spørsmål med faste svaralternativer, og det kan være «*helt åpent*» gjennom at det foregår som en samtale uten en *intervjuguide* eller sekvens i samtalen. [26]

For å sikre at det kan høstes verdifulle svar fra intervjuene, i lys av forskerspørsmålet, så er intervjuene strukturert gjennom en *intervjuguide*. En *intervjuguide* er en oversikt over tema eller spørsmål som skal belyses under intervjuet og som respondenten har tilgang til i forkant av intervjuet [26]. Intervjuguiden som er brukt under intervjuene i denne masteroppgaven er en *semistrukturert intervjuguide* som inneholder faste spørsmål som legger opp til åpne svar. Se vedlegg 1 for intervjuguide.

Gjennomføring av intervjuer

Alle intervjuer, med unntak av ett, er gjennomført web-basert på videomøtetjenesten Teams. Grunnen til at intervjuene er gjennomført web-basert, og ikke fysisk, er først og fremst på grunn av begrensninger i tid og kostnader. Web-baserte intervjuer åpner også for at det ikke finnes begrensninger for geografisk plassering av respondenter.

I et åpent individuelt intervju er det nødvendig å etablere en slags tillitsrelasjon mellom respondenten og intervjueren. Dette er ikke nødvendigvis så enkelt når det ikke finnes noen tillitsrelasjon før det øyeblikket intervjuet faktisk finner sted. Derfor er det viktig å forberede seg for å gjøre det man kan for å unngå feil som kan ødelegge relasjonen mellom respondent og intervjuer.

Ved oppstart av alle intervjuene har møtet hatt en tydelig innledning som har fungert som en oppvarming for begge parter i intervjuet. Der er benyttet et notat for denne fasen av intervjuet for sikre at den er mest mulig lik for alle intervjuer og for å huske alle punkter som må nevnes i forkant. Den innledende fasen har startet med at jeg har presenter meg selv. Deretter har hensikten med intervjuet blitt presentert sammen med en forklaring til strukturen i intervjurunden. Respondentene ble også minnet på innholdet i *informasjonsskrivet* med informasjon om behandling av personopplysninger. Til slutt ble det innledet en kort samtale med eventuelle spørsmål respondentene hadde til intervjuet.

Etter den innledende fasen har intervjuene hatt en tydelig overgang til selve intervjuet. Dette ble gjort ved at det ble gitt beskjed om at lydopptak ble startet. Deretter ble alle tema og spørsmål i intervjuguiden gjennomgått, der jeg som intervjuer inntok en lyttende posisjon og stilte eventuelle oppfølgingsspørsmål til det som ble sagt.

Etter at intervjuguiden var gjennomgått, ble lydopptak slått av og respondentene ble takket for at de stilte opp.

Transkribering av intervju

I etterkant av intervjuene var alle dataene samlet inn gjennom lydopptak. Disse lydopptakene ble transkribert, som betyr å skrive om tale til tekst. Dette gjør det mulig å få med seg og analysere alle intervjuene i et raskere tempo enn det lydopptak tillater. I tillegg til dette gjør det det mulig å enklere kunne bearbeide resultatene videre i analyseringen av intervjuene gjennom å sammenligne tekst

fremfor lyd. Lydopptakene transkribert ordrett, men ble omskrevet til bokmål for å anonymisere og å bedre lesbarheten.

Alle intervjuene ble, gjennom et tidkrevende arbeid, transkribert inn i hvert sitt dokument som til sammen endte på over 61 000 ord. Dokumentene ble videre bearbeidet i programmet NVivo.

6.2.3 Enkelcase

I denne masteroppgaven gjennomføres det også en enkelcase-studie. En slik studie kjennetegnes ved at man går dypt inn i en situasjon, en organisasjon eller noe annet som klart er avgrenset i både tid og rom. Gjennom avgrensning av studien så får man frem detaljerte og virkelighetsnære beskrivelser. Casestudie egner seg også godt til å forstå samspillet mellom aktører og kontekst, noe som er relevant for denne masteroppgaven. [26]

Hensikten med enkelcase-studien er å hente ut informasjon som kan sammenlignes med funn fra de kvalitative intervjuene. I tillegg til dette er hensikten å lære gjennom å få et innblikk i en enkelt prosjektgjennomføring av VA-anlegg. Dette vil gi et godt grunnlag for å diskutere og teste funnene fra de øvrige resultatene.

Valget av prosjekt for casestudien er i stor grad styrt av denne masteroppgavens eksterne veileder. Prosjektet er et stort pågående prosjekt som ekstern veileder selv er involvert i. VA-anlegget i dette prosjektet, utføres av Statens vegvesen, på vegne av Bærum kommune. Se nærmere beskrivelse av enkeltcase i kap. 4 Case. Prosjektet egner seg godt til å belyse mange av de problemstillingene som blir belyst i intervjuene.

Enkelcase-studien er gjennomført etter at funn fra de kvalitative intervjuene er kartlagt. På denne måten ble funnene fra intervjuene styrende for innholdet i enkelcase-studien. Informasjon og data er samlet inn gjennom muntlige og skriftlige samtaler med ekstern veileder, Sindre Øystese. Det er også hentet informasjon fra den prosjektspesifikke BIM-gjennomføringsplanen.

6.2.4 Eksisterende kvalitative kilder (kunnskapsbakgrunn)

Et grunnleggende prinsipp i forskningsarbeid, som det å skrive en masteroppgave, er at forskning er et kollektivt arbeid. Det innebærer at det å skrive en masteroppgave skal ta utgangspunkt i den viten og kunnskap som andre også har kommet frem til. Et annet prinsipp er dernest å søke etter å bringe kunnskapsutviklingen videre gjennom å bidra med en form for ny kunnskap. Ved masteroppgavens slutt, skal man altså vite noe man ikke viste før man startet med oppgaven. [32]

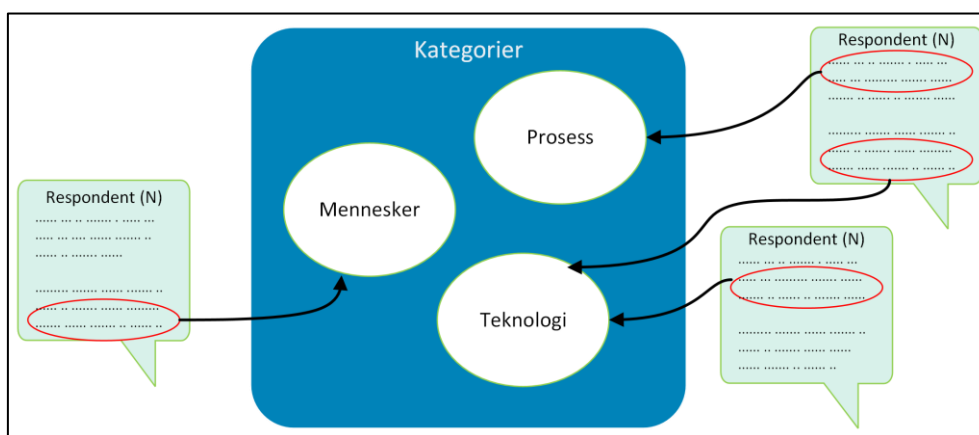
I denne masteroppgaven presenteres eksisterende kunnskap under kunnskapsbakgrunn. Kildene er funnet gjennom tilfeldig søk etter tema som bygger på kunnskaper fra tidligere studieløp eller innspill fra ekstern veileder.

6.2.5 Analyse og presentasjon av funn (valg av analyseteknikk)

Intervju

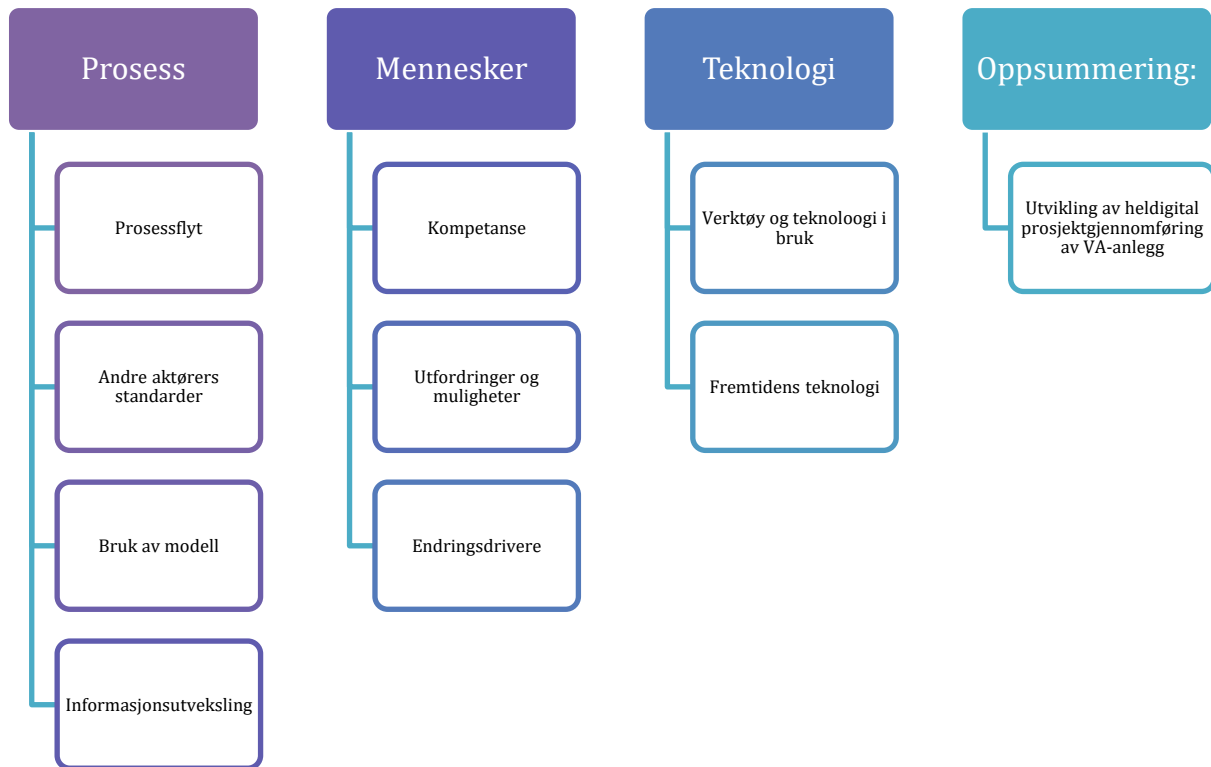
De transkriberte intervjuene ble analysert gjennom en innholdsanalyse. Dette er utført ved å kategorisere og kode tekstene fra transkriptene i programmet NVivo.

NVivo er et nyttig program som hjelper med mye av det manuelle arbeidet i behandlingen av kvalitative data. Programmet har funksjoner for å organisere og analysere kvalitative tekster. Dette fungerer ved at deler av de kvalitative tekstene markeres og kodes inn i kategorier som man setter opp selv [33]. Figur 6.5 viser dette prinsippet med tilordning av tekst til kategorier. På denne måten kan man enklere sammenstille utsagn fra de forskjellige respondentene som uttaler seg om samme tema eller kategori.



Figur 6.5: Illustrasjon av prinsippet med tilordning av tekst til kategorier. [33]

Kategoriene og underkategoriene som ble satt opp i NVivo er bestemt ut ifra tema og spørsmålene i intervjuguiden, som også bygger på den helhetlige forståelsen av BIM. Dermed ble tekstene fordelt inn under hovedkategoriene: prosess, teknologi og mennesker. I tillegg til dette er det en hovedkategori for oppsummering der alle respondentene ble bedt om å forsøke å besvare forskerspørsmålet i denne masteroppgaven. Figur 6.6 viser inndelingen av kategorier med underkategoriene som er knyttet til spørsmålene i intervjuguiden.



Figur 6.6: Inndeling av kategorier med underkategorier.

Etter at all tekst fra intervjuene var kodet inn i kategorier og underkategorier, så sitter man igjen med en samling av tekster og utsagn fra de forskjellige respondentene i de forskjellige utvalgsgruppene [26]. På dette tidspunktet ble disse utsagnene trukket ut og presentert i resultatkapittelet. I de kategoriene som egner seg, er det forsøkt å se kausale sammenhenger ved utsagnene mellom kommuner, entreprenører og rådgivende ingeniører. I tillegg til dette er forskjellene i utsagnene presentert for å utfylle hverandre i analysen. Innholdsanalysen er presentert i resultatkapittelet og avsluttes med en oppsummerende tabell med alle hovedfunn i de forskjellige kategoriene.

Enkelcase

Enkelcase-studien er gjennomført i etterkant av intervjuene. Derfor er denne delen presentert etter resultatene fra intervjuene.

Resultatene fra enkelcase-studien gir en beskrivelse av prosjektgjennomføringen sett i lys av funn fra de kvalitative intervjuene. Resultatet er sortert i de samme hovedkategoriene som de kvalitative intervjuene er presentert i. Videre er resultater sortert inn i underkategorier som peker direkte på enkelte funn fra intervjuene.

6.3 Drøfting av funn (diskusjon)

Man kan si at ingen undersøkelser kan gi objektive, riktige og absolutte svar. Resultater som er funnet i denne masteroppgaven er, i noen tilfeller, tvetydige og må derfor drøftes. Derfor er det nødvendig med en tolkningsprosess der funnene drøftes for å forsøke å skape mening i de mange og av og til motstridene signaler som finnes blant resultatene. [26]

Diskusjonskapittelet i denne masteroppgaven er delt inn i to deler. En substansiell drøfting og en metodologisk drøfting.

6.3.1 Substansiell drøfting

Den substansielle delen av diskusjonskapittelet inneholder drøftinger av svarene undersøkelsen har gitt på forskningsspørsmålet. Dette gjøres ved at de empiriske funnene drøftes opp mot forskerspørsmål, teori og eventuelle andre studier som problemstillingen er forankret i. [26]

6.3.2 Metodologisk drøfting

Den metodologiske delen av diskusjonskapittelet inneholder kritiske drøftinger av sterke og svake sider ved metoden som er brukt. Dette innebærer at man drøfter hvordan funn kan ha blitt påvirket av selve undersøkelsen (intern og ekstern gyldighet), i tillegg til i hvilken grad funnene kan overføres til andre kontekster (overførbarhet).

7 Resultat

7.1 Intervju

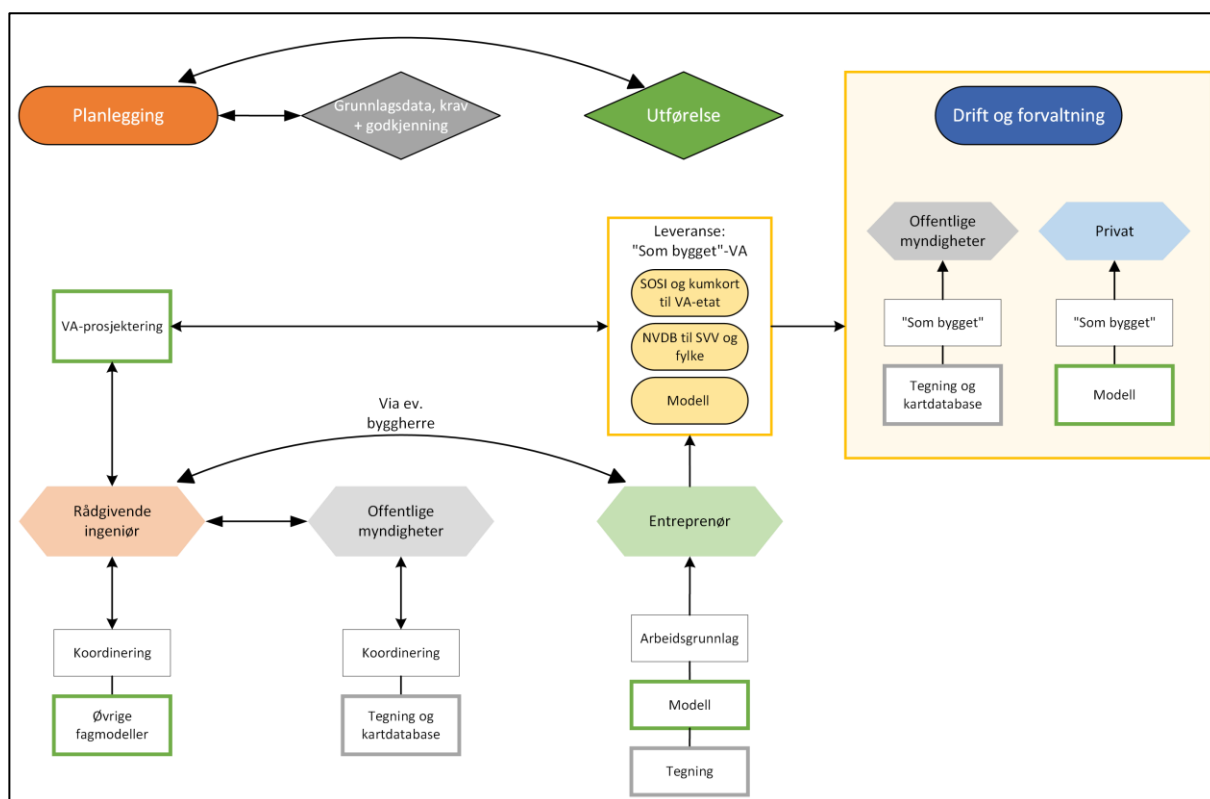
Resultater fra de ni intervjuene som er beskrevet i metodekapittelet, presenteres her.

Respondentene representerer rådgivende ingeniører (respondent 1-3), entreprenører (respondent 4-5) og kommuner (respondent 6-9). Se Tabell 6.1 for oversikt over rollebeskrivelsene til de ulike respondentene. Resultatene er sortert etter hovedkategoriene prosess, mennesker og teknologi med underkategorier som beskrevet i Figur 6.6

7.1.1 Prosess

Prosessflyt

Figur 7.1 viser en forenklet fremstilling av hvordan prosess- og informasjonsflyten i VA-prosjekter ofte fungerer i dag mellom en kommune eller offentlige myndigheter, rådgivende ingeniør og entreprenør. Flyten er hovedsakelig en gjengivelse av figurer og beskrivelser som er delt av respondent 1 og 2.



Figur 7.1: Forenklet prosessflyt i modellbasert prosjektgjennomføring av VA-anlegg.

Hvordan prosessene i VA-prosjekter er ved informasjonsflyt og krav til dokumentasjon, avhenger av flere forhold. Det avhenger for eksempel av ledningseier sin organisering, eierskap, størrelse på prosjekt og entreprisetyper.

Respondent 7, fra Kristiansand kommune, forteller at de har en egen stor produksjonsavdeling som hovedsakelig utfører arbeider på, blant annet, VA-nettet til kommunen. Det meste av

prosjekteringsarbeidet utføres også av kommunen selv, ved kommunens egne prosjekter. Videre forteller respondent 7 at de har et detaljert kvalitetssystem som beskriver prosess- og informasjonsflyt i alle VA-prosjekter fra utrednings- og oppstartsfasen til avslutning av prosjektet.

De andre kommunene som er intervjuet, gir inntrykk av å i større grad benytte seg av eksterne aktører ved prosjektering og utførelse. I slike tilfeller står kommunene for å hente frem informasjon om eksisterende VA-nett og annen relevant informasjon som leveres videre til rådgiverne. VA-anlegget prosjekteres deretter etter kravene fra ledningseier og det prosjekteres et arbeidsgrunnlag til en utførende entreprenør. Når anlegget er ferdig bygget, mottar ledningseier «som bygget»-dokumentasjon for anlegget. Dette brukes så videre i drifts- og forvaltningsfasen.

Planleggingen av et VA-prosjekt er en omfattende fase, fra prosjektet oppstår, til det er klart til å bygges. Det første som skjer når et VA-prosjekt oppstår er vanligvis at prosjektet starter i en utrednings- eller forprosjektfase. Respondent 6 sier dette om forprosjektfasen:

«Forprosjektfasen er ofte mye mer større, kompleks og vanskelig enn hva man først skulle tro.»

I denne fasen kartlegges behov, det vurderes type løsninger, mulig trasévalg, i tillegg til at det arbeides med innhøsting av data om grunnforhold og om eksisterende infrastruktur i grunnen. Den lettest tilgjengelige informasjonen om det som ligger i grunnen, samles inn fra det som er registrert i kartdatabasen til kommunen og andre kabelaktører. Disse dataene har ofte svært varierende kvalitet og pålitelighet. Derfor er det ofte nødvendig å gjennomføre mer inngripende undersøkelser, for å lokalisere eksisterende infrastruktur. Alle disse dataene sendes videre til rådgiverne og gir grunnlag for å danne en grunnlagsmodell som trengs videre i prosjekteringen.

Selve VA-prosjekteringen foregår ved at en grunnlagsmodell sammenstilles med øvrige fagmodeller, samtidig som VA prosjekteres, som bestilt, med imøtekommelse av krav fra kommune. Respondent 1 forteller at prosjekteringen og koordineringen med andre fag i prosjektene foregår, som regel, alltid i modell. Dette gjør at prosjekteringen går som en sirkelreferanse mellom fagene, gjennom at man hele tiden har «live feedback» i modellen.

Når løsningene for VA-anlegget skal modelleres så skal kommune eller offentlige myndigheter komme med innspill og godkjenne løsningene. Respondent 1 forteller dette om denne prosessen:

«Og så blir det stykket opp med at offentlige myndigheter gjerne skal ha tegninger.»

På grunn av at kommuner og andre offentlige myndigheter krever tegninger i godkjenningsprosessene sine, så fører det til at kommunikasjonen skjer gjennom filutvekslinger frem og tilbake. Man har da et såkalt «rapportering – tilbakemelding»-system som er en mer tidkrevende og personavhengig prosess sammenlignet med om man hadde hatt modellinsyn. Når løsningene for VA-anlegget omsider er godkjent, så blir modellen prosjektert som et arbeidsgrunnlag som sendes visere til entreprenøren.

Respondent 2 forteller at det også produseres tegninger til kum-produzentene. Det er fordi prosjekteringsverktøyene som ofte brukes i VA-prosjekteringen i dag ikke har det detaljnivået på kummene som trengs til produksjon.

Utførelsen av prosjektet starter ved at entreprenøren mottar fagmodellen fra prosjekterende rådgiver eller en eventuell byggherre. Respondent 5 forteller at det gjøres en mottakskontroll av modellen før den sendes ut til fagarbeidere og funksjonærer i de systemene som brukes i det aktuelle prosjektet. Respondent 1 velger å rangere modell over tegning når det kommer til arbeidsgrunnlaget til entreprenørene. Det er fordi entreprenørene i økende grad begynner å forholde seg til modellen som arbeidsgrunnlag. De krever også stikningsdata for maskinstyring til graving av grøfter og korrekt plassering av ulike komponenter. Entreprenørene tar også ofte imot 3D-modeller og bruker andre tredjeparter for å tilrettelegge bruk av stikningsdata med bakgrunn av modellene.

Under utførelsen så blir det ofte nødvendig å revidere fagmodellen for VA-anlegget. Respondent 2 forteller at der er ofte på grunn av at når man først har begynt å grave så finner man ut at situasjonen ikke er som prosjekteringsforutsetningene. Dette resulterer i at VA-modellene ofte er de fagmodellene som, med god margin, revideres oftest. Respondenten trekker frem eksempler fra enkelte av entreprisene i Bybaneprosjektet i Bergen. Der er modellen revidert opp til 80 ganger fra entreprenøren mottok første arbeidsgrunnlag til anlegget er ferdig bygget. På grunn av dette så ønsker man å oppdatere VA-tegningene så sjelden som mulig, slik at det ikke går ut over fremdriften. Dette resulterer i at modellen revideres kun for entreprenøren under byggefasen. VA-tegninger finnes bare som en godkjent versjon fra VA-etaten før det bygges, og så er neste versjon av tegningene en «som bygget»-versjon.

Når anlegget er bygget så skal det leveres «som bygget»-dokumentasjon. Respondent 2 forteller at det skal leveres «som bygget»-dokumentasjon i SOSI-format til både VA-etat og eventuelt Statens vegvesen sin NVDB-database. Disse dataene skal også kodes med en korrekt og standardisert informasjon. Det er entreprenørene som utfører denne jobben med å måle inn og kode anlegget. I tillegg til dette så krever kommunene også, som regel, å få levert kumkort med informasjon om hver enkelt kum.

I **drift og vedlikeholdsfasen** bruker FDV-instansene den informasjonen de har fått fra entreprenøren i sitt daglige arbeid. Respondent 2 forteller at de også leverer en modell i tillegg, men at FDV-organisasjonene ikke har det som skal til for å forvalte og utvikle en modell i driftsfasen. Til forskjell fra dette, forteller respondent 3 at de forvalter en digital tvilling av alle undergrunnssystemer på landanleggene til Equinor.

Bruk av modell i prosessene

Respondentene ble spurt om hva deres rolle bruker en modell til, og hva de formidler inn i en modell.

Kommunene som er intervjuet, har ulik grad av erfaring med modellbaserte prosjekter. Respondent 7, fra Kristiansand kommune, forteller at de omtrent ikke har vert borti modellbaserte prosjekter. Respondent 8, fra Bærum kommune, forteller at de jobber med et pågående modellbasert prosjekt,

men har ellers lite erfaring med dette. Respondent 6, fra Stavanger kommune og respondent 9, fra Oslo kommune, har mer erfaring med modellbaserte prosjekter.

Respondent 6 forteller at dataflyten i alle prosjekter starter med at det utarbeides en grunnlagsmodell som leveres videre til konsulenter. Grunnlagsmodellen inneholder terrengoverflate og det som befinner seg under grunnen. Grunnlagsdataene kommer fra geofysiske undersøkelser i form av f.eks. georadar, grunnboringer, geomatiske innmålinger og registrerte innmålinger av eksisterende ledninger i grunnen.

Respondent 9, fra Oslo VAV, forteller om det videre arbeidet med hvor mye informasjon som skal inn på hvert objekt i modellen. Det viktigste er først og fremst å ha nok informasjon til å kunne bygge anlegget. Det er et dilemma om all informasjon skal direkte inn i modellen, eller om man heller skal bruke en relasjonsdatabase som linkes opp mot modellen. For å sikre at informasjonen som finnes i modellen er forutsigbar og strukturert, så brukes derfor GML og XSD-skjemaer som gir et mer rigid oppsett sammenlignet med IFC.

Respondent 9 sier også at de sliter mye med grensesnittet, fra anlegget er ferdig bygget, og til forvaltningen av informasjonen og modellen er i en driftsfase. Respondenten sier at det i alt for stor grad er tilfeldig hva som skjer med modellen etter at anlegget er bygget, og legger til:

«...vi mangler en god struktur for hvordan vi skal håndtere modellene våre i etterkant.»

Rådgiverne er de som prosjekterer anleggene og koordiner mye av informasjonsflyten mellom alle aktørene. Respondent 1 forteller om et sentralt problem når det kommer til dataflyt i VA-prosjekter, i dag. Det er at det i hvert enkelt prosjekt varierer veldig hva som blir krevd av det offentlige, byggherrer og entreprenører. Dette fører til at prosjekter ikke bare er unik i tekniske løsninger, men også, til en viss grad, unik i dataflyt. Det er et prinsipp at kundene skal få det de vil ha. Da er det et problem at, særlig det offentlige, ønsker seg veldig lite. Mot det offentlige, så leveres det derfor ikke noe mer i en eventuell modell enn det som en tradisjonell tegning inneholder.

Respondent 2 forteller om erfaringer fra Bybaneprosjektet i Bergen. Prosjektet som helhet er modellbasert, men respondenten forteller:

«Vi leverer jo ikke tegninger i Bybaneprosjektet, ..., annet enn til VA-etaten.»

Grunnen til at det leveres tegninger til VA-etaten i Bergen, er fordi at de krever det i godkjenningssprosessene for VA-anleggene og i forbindelse med «som bygget»-dokumentasjon. Dersom de ikke hadde krevd dette så hadde det ikke blitt produsert såkalte G- og H-tegninger.

Respondent 2 forteller videre at når det kommer til selve byggingen av VA-anlegget så er mesteparten av den praktiske byggingen basert på stikningsdata, som er linje- og punkt-data med tilhørende informasjon. Det er dette entreprenøren trenger i arbeidet i grøftene for å plassere ut alt av rør og kummer på riktig sted og med riktig fall osv. Respondenten sier at selv om man gjerne kaller det for modellbasert bygging så er det;

«... akkurat på VA, så er det egentlig «stikningsdata-basert»-bygging.

Når det kommer til «som bygget»-dokumentasjon av VA-anlegget, så forteller respondent 2 at nesten alt dokumenteres med linje- og punkt-data med tilhørende informasjon. Dette er noe entreprenøren gjennomfører ved å måle inn VA-anleggene etter at det er bygget og koder det i henhold til gjeldende kodeverk. Dette resultatdatasettet fungerer godt i VA-databasesystemene til ledningseierne og i kart, men det er ikke å anse som en modell. På tross av dette så leveres og produseres det 3 utgaver av VA-modellen. Det leveres siste utgave av prosjektert modell, en «som bygget»-utgave av den prosjekterte modellen og en modell som auto-genererer 3D-geometri ut ifra innmålingsdataene.

Respondent 3 forteller om hvilken rolle en VA-modell har på Equinor sine landanlegg:

«De har jo en 3D-modell av alle undergrunnssystemer. – De har en digital tvilling.»

Det blir fortalt at Equinor forvalter like mye infrastruktur under grunnen i anleggene sine som en liten småkommune. På alle landanleggene til Equinor har man veldig god oversikt over alle rør- og kabelinstallasjoner under grunnen, ikke bare på vann og avløp. Alle modeller er også tag-nummerert, slik at alle objekter har en identitet og med en historie, i tillegg til at det er koblet til et vedlikeholdsprogram. FDV-dokumentasjonen på disse anleggene er et slags «kart», som egentlig er den samme 3D-modellen som brukes ellers, bare med mer metadata.

Entreprenørene fokuserer mest på mottak av informasjon fra modell og koordinerer med rådgiverne. Begge respondentene i entreprenørene jobber med pågående samferdselsprosjekter. De skal derfor levere «som bygget»-dokumentasjon til både Norsk Vegdatabank (NVDB) og til kommunene, som skal ta over VA-anlegget når anlegget er ferdig.

Andre aktørers standarder

Ved spørsmål om respondentenes erfaringer med andre aktørers BIM-standarder så nevnes standardene til Statsbygg, Statens Vegvesen, Bane NOR i tillegg til hvordan VA behandles gjennom industristandard i oljebransjen.

Ingen av **kommunene** som er intervjuet har tatt i bruk andre aktørers standarder i særlig grad. Respondentene fra Bærum, Stavanger og Kristiansand kommune forteller at de enten ikke kjenner til disse standardene eller de er for komplekse for kompetansenivået innad i kommunen. Oslo kommune forteller at de kjenner til standardene til Statens Vegvesen, Statsbygg og Bane NOR. Disse brukes ikke til noe mer enn til inspirasjon for utvikling av egenskapssett i oppbyggingen av XSD-skjemaer som brukes i kommunen. Respondent 9, fra Oslo kommune, forteller at disse standardene er mangelfulle når det kommer til kravene som stilles i forhold til hva kommunen har behov for i forvaltningen, og sier følgende:

«... de er jo ikke tilpasset VA så veldig godt. Vi trenger en mer VA-rettet standard ... som knyttes opp mot de egenskapene som er viktig for oss».

De **rådgivende ingeniørene** som er intervjuet, er bedre kjent med de andre aktørenes standarder. Det er først og fremst Statens Vegvesen og Bane NOR sine standarder de kjenner til og mener også at det ikke finnes noen gode kravsett for VA-anlegg i dag. Respondent 1 og 2 nevner også NVDB- og SOSI-data. Dette er punkt og linjer med attributter som skal leveres inn til kartdatabasene til Vegvesenet og kommunene. Det som skal dokumenteres av informasjonen inn i disse databasene samsvarer ikke fordi begge aktørene ønsker bare å ta inn et minimum av informasjon som de selv trenger i kraft av sin rolle. Respondent 1 sier dette om problemstillingen:

«... hvis vi prosjekterer noe for Vegvesenet som skal leveres til kommunen, så må vi, på en måte, ha to resultat-datasett»

Respondent 3 forteller om hvordan Equinor arbeider med spesifikasjoner for VA-anlegg, som de selv drifter og eier. Det jobbes kontinuerlig med å standardisere over til norske industristandarder som er likt på alle anlegg og som passer godt på land og ikke bare offshore. Disse standardene er til forskjell fra andre standarder, mye knyttet opp mot *kritikalitet* eller risiko knyttet opp mot helse, økonomi, miljø og samfunn. Likevel tar standardene og spesifikasjonene utgangspunkt i basisen i Norske VA-normer. Det er først og fremst fordi Equinor ønsker å treffe det lokale entreprenørmarkedet i Norge.

Begge **entreprenørene** sine respondenter har mest erfaring fra samferdselsprosjekter og har derfor mest kjennskap til Statens Vegvesens sitt rammeverk, V770. Når det kommer til vurdering av de kravene som er satt for VA-anlegg så har ingen av de to respondentene noen kommentarer til det. Begge respondentene påpeker at de bare forholder seg til hva som skal leveres fra entreprenør og videre iht. standard og kontrakt.

Informasjonsutveksling

Det ble stilt spørsmål om hvordan respondentene sender og mottar informasjon mellom aktører i hverdagen sin. Her svarer respondentene det brukes alt fra skybaserte prosjekthoteller med modellinnsyn og sakshåndtering, til mail og telefon.

De **rådgivende ingeniørene** forteller at det, internt, alltid brukes web-baserte hoteller der kommunikasjonen dreier seg rundt en modell med et integrert sakshåndteringssystem. Grunnen til dette, er at det ikke ønskes kommunikasjon på mail eller lignende. Respondent 3 forteller også hvorfor informasjonsutvekslingen er slik:

«Vi ønsker ikke å ha den personavhengig. Vi ønsker å følge prosjektbaserte system sånn at den alltid er sporbar og arkiveres til ettertid.»

Respondent 1 og 2 forteller også at det ofte varierer hvordan det kommuniseres mellom rådgiver, entreprenør og kommune. I store prosjekter med fremoverlente kunder og entreprenører, så brukes det også skytjenester, slik at informasjonsutvekslingen fungerer på samme måte som det gjør internt. Dersom det ikke er bruk av skytjenester, dreier kommunikasjonen seg mer om filutvekslinger mellom aktørene. Dette er noe som trenger mer administrering i bakkant, gjennom å håndtere dokumentplaner for å holde orden på hvem som sitter på de ulike dokumentene og filene undervegs.

Respondentene fra **entreprenørene** forteller at de bruker skytjenester ved informasjonsutvekslingen i pågående prosjekter opp mot rådgiverne. De forteller videre at kommunene ofte har sine egne systemer, og krever «som-bygget»-dokumentasjon levert på mail i ferdig kodet SOSI-format.

Blant de **kommunene** som er intervjuet, så kommer det frem at det varierer mellom prosjekter og kommunene selv hvordan informasjonsutvekslingen foregår. Respondent 6, 8 og 9 forteller at de i noen prosjekter bruker web-hoteller for sakshåndtering med modellinnsyn. Utenom dette så jobber alle kommunene gjennom interne delte mappesystemer, og mail- og telefonkorrespondanse mot de andre aktørene. I de prosjektene der det er involvert eksterne konsulenter, forteller respondent 6 og 7 at det er ofte de rådgivende ingeniørene som står for informasjonsutvekslingen mellom aktørene. Respondent 6 forteller dette om hvorfor:

«... det flerfaglige ... - Det håndterer jo gjerne konsulenter for oss ... - Konsulentene har jo det tverrfaglige miljøet»

7.1.2 Mennesker

Kompetanse

Respondentene ble spurt om det er tilstrekkelig BIM-kompetanse til å ta i bruk og mestere BIM-verktøy innad organisasjonen sin.

To av de **rådgivende ingeniørene**, respondent 1 og 2, forteller at det på tvers av hele organisasjonene sine ikke er så god som den burde. Respondent 1 forteller at BIM-kompetansen tilfaller mest de som faktisk sitter og prosjekterer i verktøyene. Ofte ser man at de med prosjektlederoppdrag er seniorer som er noe skeptisk til å ta i bruk nye digitale verktøy og metoder. Respondent 1 forteller videre at det hadde vært bedre om alle i organisasjonen hadde hatt BIM-kompetanse, slik det ikke er i dag.

Når det kommer til kompetanse som barriere, så forteller respondent 2 om erfaringene fra gjennomføringen av Bybaneprosjektet fra start til i dag. Verken rådgivere eller entreprenører var skikkelig rigget til å jobbe modellbasert på et så høyt nivå som krevdes. Rådgiverne måtte forholde seg til omfattende krav for å modellere strukturert med omfattende krav til objekt-egenskaper og et strengt regime på revisjoner. I tillegg hadde ikke entreprenørene som dukket opp på anlegget erfaringer med så store modellbaserte prosjekter. Likevel, mener respondenten, at «kneika» med opplæring ikke var så stor. Respondent 2 oppsummerer det hele slik:

«Det skal ikke så himla mye opplæring til som man skulle tro, egentlig ... Så jeg er ikke noe bekymret for å sette i gang med et modellbasert prosjekt, selv om ikke kompetansen i alle ledd er til stede.»

Respondent 3 forteller om kompetansenivået i Equinor som byggherreorganisasjon. Den interne BIM-kompetansen har blitt betydelig bedre de siste 3-5 årene. Kompetansen har blitt bedre, blant annet, fordi Equinor kurser alle som ønsker det. Tidligere hadde man egne mennesker til å guide ulike folk med forskjellige roller rundt i modellen. Mens i dag klarer alle dette selv, i tillegg til at flere

også er i stand til å modellere selv. Respondent 3 sier også følgende om behovet og viktigheten av BIM-kompetanse i arbeidshverdagen:

«Nå er jo det sånn at det er kanskje vanskelig å gjøre jobben sin uten å mestre dette»

Kommunene som er intervjuet melder om at det finnes alle ytterpunkter innad i organisasjonen når det kommer til BIM-kompetanse. Respondent 7, fra Kristiansand kommune, er den eneste som forteller at det ikke er noen i organisasjonen som har kompetanse eller erfaringer med BIM. Respondent 6 forteller også at organisasjonen deres er oppdelt i en ingeniøravdeling og en byggherreorganisasjon. Ingeniøravdelingen innehar en viss BIM-kompetanse, mens byggherreorganisasjonen jobber mest med utarbeidelse og oppfølging av kontrakter, noe som gjør at de ikke sitter på BIM-kompetanse i tillegg.

Kommunene knytter en sammenheng mellom alder og interesser ved teknologi. Det er typisk de yngste medarbeiderne som raskest tar innover seg nye metoder og ny teknologi. I tillegg til dette finnes så finnes det mange forskjellige mennesker med ulik initiell digital kompetanse i en VA-organisasjon. Derfor poengterer, respondent 8, at det må være rom for læring i pågående og kommende prosjekter når det kommer til modellbaserte prosjektgjennomføringer.

Begge **entreprenørene** sier at kompetansen er tilfredsstillende innad i organisasjonen. Det nevnes også, av begge respondentene, at BIM er en egen fagdisiplin som stadig kan bli bedre. Respondent 5 forteller at BIM sees på som et eget fag, eller støttefag, i bedriftene som alle er avhengig av. For å heve kompetansenivået, så handler det også mye om modning og holdninger hos den enkelte medarbeider.

Utfordringer og muligheter

Respondentene ble spurt om hvilke utfordringer de ser ved en modell og hvilke fordeler og muligheter en modell kan gi i VA-prosjekter, kontra tradisjonell tegningsleveranse. Her nevnes både utfordringer og muligheter knyttet til kompetanse, teknologi, standardisering og eksisterende datagrunnlag.

Kompetanse i organisasjonen blant ingeniører og fagarbeidere er en utfordring som trekkes frem av alle kommunene som er intervjuet. Respondent 6, i Stavanger kommune, forteller at kompetansenivået, i mange kommuner, gjør at man ikke fullt ut ser potensialet i teknologien og modellbaserte prosjekter. Dette kan sees i sammenheng med respondent 7 sine uttalelser om at det er mer tidkrevende og vil kreve flere menneskelige og økonomiske ressurser dersom alle prosjekter skulle gjennomføres modellbasert.

Respondent 2, 4 og 5 forteller at det er først og fremst fagarbeidernes kompetanse og selvtillit knyttet til digitale verktøy som, i noen tilfeller, kan være en utfordring. Det blir også nevnt at anleggsarbeidere tradisjonelt sett ikke er de mest teknologiinteresserte menneskene. Respondent 7,

fra Kristiansand kommune, forteller følgende om tidligere erfaringer fra digitalisering generelt frem mot fagarbeiderne:

«Du må lære folk å bruke datamaskin, fordi de har ikke en hjemme.»

Lesbarhet av modell sammenlignet med en tradisjonell tegning, er noe som nevnes av 8 av 9 respondenter. Dette gjelder først og fremst fagarbeideres behov for å raskt finne frem til informasjonen de trenger på enklest mulig måte. Fagarbeidere leser og opererer ofte en modell gjennom en iPad og må trykke seg frem til hvert enkelt objekt for å få frem informasjonen man trenger. På en tegning ligger all informasjon man trenger, presentert på en omforent måte, som gjør det enkelt og raskt finne den informasjonen man trenger. Det er særlig detaljmål og gode prinsippskisser som er vanskelig å få frem i en modell. Dette er noe som medfører at det likevel blir produsert tegninger til fagarbeidere, selv om det er et modellbasert prosjekt. Respondent 4 sier at det er viktig å huske på følgende i modellbaserte prosjekter:

«Det er ikke han med datamusa som bygger»

Respondent 2 forteller også at dette er en problemstilling også mot VA-etater som skal godkjenne løsninger. Det er særlig fall på ledninger som ikke kommer frem på en god nok måte i modeller. Dette gjør at VA-etater ofte er opptatt av å få levert lengdeprofiler på alle ledninger.

Variierende pålitelighet av eksisterende infrastruktur i grunnen er og så en problemstilling som blir nevnt av to av respondentene (6 og 7) i kommunene. Det finnes også forskjellig annen infrastruktur i grunnen enn vann og avløp. All denne infrastrukturen kan ofte være gammel og det kan derfor være vanskelig å få tak i stedfestet informasjon. Det kan også hende at det ikke finnes data om dette i det hele tatt. Det gjør at man sjelden kan modellere opp en sann representasjon av virkeligheten før man har begynt å grave. Da må en entreprenør finne løsninger på stedet og kan ikke følge en modell dersom det oppdages konflikter undervegs. Respondent 6 og 7 mener at dette fører til at en modell har liten verdi når det kommer til det å bygge etter en modell.

Utfordringer ved **kontrakter** og **revisjoner** i modellbaserte prosjekter er noe som nevnes av respondenter fra alle utvalgsgruppene. Respondent 1 sier dette om en problemstilling man ofte møter i kontrakter opp mot kommuner:

«... de henviser til at VA-norm skal gjelde, og i VA-normen så står det at det er bare tegningsleveranser.»

Selv om alle er enig i at et prosjekt skal gjennomføres modellbasert, så ender man ofte opp med å levere tegninger til kommunen likevel. Respondent 9 forteller også at det ofte er utfordrende å tilpasse kontrakter til modellbaserte prosjekter. Det er fordi standardkontraktene er tilpasset at det skal leveres komplette tegningspakker. Denne problemstillingen henger også sammen med utfordringer for hvordan man skal forholde seg til tegningsnummer og revisjoner i modellbaserte prosjekter. Dette finnes det ingen gode standardiserte metoder for i dag, ifølge respondent 2 og 3.

Standardisering og utvikling av gode metoder for gjennomføring av modellbaserte prosjekter er et ønske som ytres i intervjuene av fra alle rådgiverne og respondent 9 i Oslo kommune. Respondent 1 forteller at en av hovedutfordringene i modellbaserte VA-prosjekter er at:

«... det er så mange måter å gjøre ting på. Det er ikke noe omforent måte.»

Respondentene forteller at det trengs standardisering og en omforent måte for hvordan en BIM-modell skal se ut for VA-anlegg, hvordan man skal knytte kontrakter og juridiske dokumenter opp mot modell og hva en modell skal brukes til av de forskjellige aktørene i et VA-prosjekt. Respondent 9 sier også at det er behov for å avstemme ambisjonsnivået for VA-modellene, siden dette, frem til nå, ofte er uklart.

Respondent 2 forteller at FDV-instanser, i dag, ikke har apparat og prosesser for vedlikehold av en modell gjennom livsløpet til et VA-anlegg, etter at det er bygget. Dette fører til at en modell med mye nyttig informasjon som leveres til kommunene, ikke blir tatt i bruk i forvaltningen. Dette fører til at, mye av all informasjonen, forsvinner og dør ut etter hvert som det fysiske anlegget driftes, vedlikeholdes og utvikles. Respondent 2 sier følgende om problemet:

«Vi bygger basert på modellen, vi måler inn igjen anlegget ... Og så leverer vi den til forvalter og eier. Og så dør den, antageligvis.»

Mulighetene som påpekes av alle respondentene ved modellbaserte prosjekter, er at det har en stor nytteverdi i de store og komplekse prosjektene, der **flerfaglighet** er en avgjørende faktor. Respondent 2 og 3 forteller at mange av prosjektene som de jobber med ikke ville vært mulig å få til uten en modell.

Effektivisering og **sporbarhet** av prosesser er noe som i stor grad blir muliggjort ved bruk av web-baserte skytjenester, der man i tillegg til modell har et sakshåndteringssystem. ISY Prosjekt blir trukket frem som et eksempel på en slik tjeneste. Respondent 1 forteller at slike tjenester gjør det mulig å tildele oppgaver til enkeltpersoner inne i modell, samtidig som man har én kilde til sannhet i kraft av at modellen synkroniseres mellom alle brukere, istedenfor å utveksle filer mellom mennesker. Dette øker fremdrift og motvirker følgefeil i kommunikasjon mellom mennesker.

Mulighet for **samspill mellom prosjekter** er noe respondent 3 trekker frem. En viktig del av nytteverdien og profitten ved bruk av modell i oljebransjen er at det gir en veldig god oversikt over alle prosjekter i ulike faser på et område. Respondenten forteller at dette muliggjør at man ofte ser et enkelt prosjekt i sammenheng med andre pågående og kommende prosjekter i et område. På denne måten kan man gjøre valg i et prosjekt som et annet kan dra nytte av.

Bedre **risikohåndtering** i prosjektene er noe byggherreorganisasjonen til respondent 3 har et høyt søkelys på. Respondenten forteller at det fra byggherrens side kreves å håndtere risiko på best mulig måte. Det er også en av grunnene til at prosjektene i oljebransjen er modellbaserte. Respondent 3 sier følgende:

*«Vi har jo et krav på oss at vi skal designe oss vekk i fra risiko, hvis det er mulig.
Det er veldig mye lettere når man er i 3D.»*

Involvering av driftspersonell og andre fag er også noe respondent 3 trekker frem. For å best mulig håndtere risiko og arbeidsmiljøutfordringer så er det nyttig å kunne involvere for eksempel driftspersonell for å kommentere på design. Når et helt prosjekt eller et helt anlegg med flere forskjellige fagmodeller er visualisert i den samme modellen så oppnår man en bredere, felles forståelse av hva som skal bygges. Dette er noe som fører til en nysgjerrighet for andre fag innad i prosjektene og senker terskelen for å stille åpne konstruktive spørsmål til hverandre på tvers av fag. Respondent 3 oppsummerer det hele slik:

*«De gode idéene, de gode designene og de smarte løsningene, de kommer først
når du visualiserer ting.»*

Endringsdrivere

Respondentene ble spurt om hva eller hvem som driver frem endringer i bruk av digitale og modellbaserte løsninger i dag. Svarene de gir varierer noe ut fra hvilken rolle de har. Respondentene peker på at endringsdriverne i bransjen er både rådgiverne, komplekse prosjekter, krav og bransjen som helhet.

Rådgiverne blir pekt på som de største pådriverne for modellbaserte løsninger av respondent 6 og 8, fra Stavanger og Bærum kommune. Respondent 8 forteller at det er rådgiverne som har presentert kommunen for modellbaserte løsninger når det gjelder prosjektgjennomføring. Foreløpig er det bare noen av de største og mest komplekse prosjektene, der kommunen bare har en godkjenningsrolle, som gjennomføres modellbasert. Respondent 6 uttaler at det burde vært byggherrene som var pådriverne, i og med at det er de som er kunden og stiller de fleste kravene. Slik det er nå så er det ofte rådgiverne som sitter på kompetansen og ser potensialet i teknologien. Respondent 6 beskriver situasjonen slik:

*«Konsulentene har jo drevet det mye før, men de har kommet i en posisjon som
gjør at de ikke kan drive det så mye lenger, kanskje?»*

Komplekse prosjekter og samspill i prosjektet mellom aktørene, er noe alle tre rådgiverne peker på. Respondent 2 sier at man som rådgiver, særlig i totalentrepriser, får innblikk i mye av det tungvinte arbeidet som gjøres i enkelte ledd. Respondenten trekker da frem prosesser med prosessering av data og produksjon av kumkort. Når slike utfordringer blir identifisert så får man lett støtte for å effektivisere eller utvikle prosessene som har forbedringspotensial. Respondent 3 forteller at prosjektene som gjennomføres på landanleggene til Equinor ofte er svært komplekse, og sier:

*«Equinor ... driver dette frem med hensyn til kompleksitet ... Så er det ingen tvil
om at man er nødt, eller så klarer man ikke å bygge det».*

Krav fra byggherre nevnes blant alle utvalgsgruppene som er intervjuet. Respondent 5 forteller at entreprenører alltid må jobbe for å kunne etterleve kravene som stilles i prosjektene. Det er de nødt til for at de skal ha mulighet til å vinne kontrakter. Respondent 5:

«Med en gang det blir et krav, så må jo vi etterleve det ...»

Bransjen som helhet, inkludert programvareleverandører er også noe som nevnes blant alle utvalgsgruppene. Respondent 1 mener at man som rådgiver kan ha mange formeninger om ulike løsninger, men det er sjelden en suksess å finne hylleware blant programvareleverandørene for å dekke behovet som trengs. Løsningen blir ofte å lage egne løsninger frem til en programvareleverandør plukker opp behovet som finnes i bransjen. Respondenten oppsummerer med at byggherrene ønsker mer inn i sin drift og forvaltning, rådgiverne ønsker å effektivisere arbeidshverdagen og programvareleverandørene ønsker å holde på markedsandeler. Respondent 1 avslutter med:

«Det er et samspill her»

7.1.3 Teknologi

Verktøy og teknologi i bruk

Respondentene ble spurt om hvilke ulike verktøy de bruker i hverdagen sin og om hvordan de fungerer. Verktøyene som brukes av de ulike aktørene varierer ut ifra hvilke rolle de har i vann og avløpsprosjekter.

Alle **kommunene** bruker i ulik grad delte mappestrukturer i Teams og SharePoint til å lagre og revidere tegninger. Alle kommunene bruker også Gemini VA som ledningskartverk for vann- og avløpsnettverket sitt. Dersom kommunene prosjekterer selv, så brukes både Novapoint VA og Gemini-Terreg. De kommunene som har erfaringer med modellbaserte prosjekter, varierer ofte fra prosjekt til prosjekt mellom hvilke innsyns- og sammenstillingsprogramvarer av modell som brukes. Det nevnes ISY Prosjekt, Navisworks, BIM Synk, Solibri, Infrakit og Interaxo.

Filformatene som kommunene forholder seg til er for det meste GML, SOSI, KOF og DWG. Respondent 9 forteller hvorfor IFC-formatet er lite brukt av kommunen. Det er fordi IFC-formatet ikke tilbyr et like godt oppsett for systematisk og strukturert informasjon som det en kombinasjon av GML og XSD-skjemaer gjør. Respondent 9 forteller videre at kommunen jobber veldig hardt for å ta i bruk GML som utvekslingsformat. Det er fordi man ønsker at:

«... GML-filen skal, på en måte, oppstå og fylles på underveis gjennom alle aktørene.»

Entreprenørene og rådgiverne er de som har tettest samarbeid under en prosjektgjennomføring. Entreprenørene jobber mest med innsynsverktøy og mottak av stikningsdata, når det kommer til modellbaserte prosjekter. Rådgiverne jobber mest med å prosjektere anlegget inne i prosjekteringsverktøyene, i henhold til krav.

Respondentene fra entreprenørene og rådgiverne har også erfaringer med veldig mange av de forskjellige innsynsverktøyene som er på markedet. De nevner ISY Prosjekt, Solibri, Bim360, Trimble-Connect, Navisworks, Dalux, Novorender og Cyclone 3DR.

Når det kommer til valg av prosjekteringsverktøy så finnes det flere forskjellige alternativer. Det som er mest brukt blant rådgiverne er Novapoint og i noen tilfeller Gemini. Rådgiverne forteller også at det i det siste også brukes andre verktøy i tillegg, fordi Novapoint og Gemini har mangler når det kommer til å modellere detaljert nok.

Utfordringer ved programvareteknologi og filformat er noe som trekkes frem av enkelte av både rådgiverne, kommunene og entreprenørene. For det første så legger programvareverktøyene, som er mye brukt i VA-prosjekter i dag, opp til at man «låses» til en bestemt programvareleverandør. Respondent 2 forteller også at det en utfordring i anleggsprosjekter at det er involvert flere fag enn det er i byggeprosjekter. Dette resulterer i at det brukes prosjekteringsverktøy som snakker dårlig sammen ved at de ikke leverer modeller og informasjon i samme format.

I tillegg kommer det frem, fra alle rådgiverne, at det ikke finnes ett enkelt verktøy som kan modellere detaljert nok til å tilfredsstille alle aktørene sine arbeidsoppgaver og prosesser. For å få til dette i dag, så må man kombinere flere forskjellige verktøy. Et eksempel på dette er at Novapoint ikke kan modellere en kum godt nok til fabrikasjon. For å få til dette kan man bruke Revit, men Revit kan ikke levere stikningsdata, slik som Novapoint, på den måten som trengs for å bygge anlegget. Respondent 2 sier følgende om problemstillingen:

«Har ikke det optimale verktøyet som både kan modellere detaljert nok ... og samtidig levere de riktige stiknings-dataene»

Respondent 2 forteller videre om begrensninger som er knyttet til det åpne filformatet, IFC. Det er et ønske i bygg- og anleggsbransjen å legge mest mulig til rette for bruk av åpen-BIM-format. IFC-formatet er et slikt filformat, og gir gode muligheter til å representere gode modeller med mye informasjon og egenskaper. IFC støttes av de aller fleste programvarer i anleggsbransjen i dag, men respondenten sier at formatet har åpenbare mangler når det kommer til å representere de dataene som trengs i anleggsprosjekter. Også respondent 4 forteller at en IFC-modell ofte må bearbeides mye for å få frem spesifikke punkter og linjer som enn stikningsingeniør kan forholde seg til. Respondent 2 forteller at IFC i utgangspunktet ikke kan representere punkt og linjer, og sier:

«IFC-filene kan ikke inneholde de stikningsdataene som trengs for å bygge det ute på anlegget.»

Fremtidens teknologi og verktøy

Når det kommer til spørsmålet om hvilke verktøy og teknologi som bør brukes i fremtiden, så er det tre ting som nevnes av flere. Det handler om IFC-formatet, videre utvikling av skytjenester og bedre prosjekteringsverktøy som kan levere både detaljerte modeller og stikningsdata.

IFC-formatet er noe som nevnes av respondent 1, blant andre. Det sies at bransjen bør bli bedre på å se mot internasjonale standarder i form av IFC. Da vil man bedre kunne inkludere internasjonale aktører inn i norske infrastrukturprosjekter. Respondent 4 ønsker seg en fremtid der man har et eget lag for stikningsdata i en IFC-modell, slik at man slipper å bruke så mye tid på å bearbeide filer før man kan ta de i bruk på byggeplass.

Respondent 9, fra Oslo kommune, forteller at de fokuserer mer på GML-formatet når det kommer til å legge til rette for åpne fil-format mot programvareleverandørene. I tillegg så håper respondenten at man i større grad står fritt til å velge det verktøyet man ønsker. Det får man til dersom det blir bedre muligheter for å lagre i forskjellige åpne formater, slik at man nærmest jobber i selve utvekslingsformatet, fremfor å jobbe i programvarespesifikke formater.

Bedre **skytjenester** for modellinnsyn, utveksling og sakshåndtering er også noe som etterspørres av to av respondentene. Respondent 6, fra Stavanger kommune, forteller at de ikke har funnet ett verktøy som fungerer tilfredsstillende både til modell og til byggherrens behov for struktur for kontraktoppfølging og endringsmeldinger. Respondent 5 ønsker seg også et verktøy som gjør «alt». Begge disse respondentene forteller også at de ønsker seg muligheten til å jobbe med samme modell fra tilbudsfasen, inn i byggefase og frem til «snorklipping» for anlegget.

Prosjekteringsverktøyene som brukes i VA-prosjekter i dag er ikke fullgode til alle formål. Dette er noe som nevnes av flere av respondentene. Respondent 1 tror at det i fremtiden vil bli mer vanlig med bruk av åpne API-er, slik at det er mulig å utvide en programpakke fremfor å endre programpakken i seg selv.

7.1.4 Utvikling av en heldigital prosjektgjennomføring av VA-anlegg

Avslutningsvis i alle intervjuene ble alle respondentene utfordret til å gi et svar på forskerspørsmålet i masteroppgaven, som er; «Hva skal til for å utvikle en heldigital prosjektgjennomføring av VA-anlegg?»

Respondenter fra alle utvalgsgruppene nevner at det er en utfordring at det ikke finnes en omforent måte å gjennomføre modellbaserte VA-prosjekter. Det finnes ingen predefinert metoder for hva som skal leveres og produseres av informasjon og som tydeliggjør ansvar og krav i slike modellbaserte prosjekter. Det gjør det mer krevende å utarbeide BIM-gjennomføringsplaner for hvert enkelt VA-prosjekt. Respondent 1 mener man bør se til andre fag sine standarder for så å danne tilsvarende systemer for VA-anlegg. Respondent 9 er også en av flere som sier følgende om hva som hadde vært nyttig for bransjen:

«En veiledning for hva et VA-modellbasert prosjekt bør inneholde.»

Dersom en slik veiledning hadde eksistert så ville det ha hjulpet hele VA-bransjen til å forstå hva et modellbasert prosjekt innebærer på tvers av alle aktører. Respondent 1 sier at det er viktig at man snakker samme språk mellom alle de involverte i et VA-prosjekt. Dette gjelder også hva ulike

programvarer brukes til i de forskjellige fasene i et VA-prosjekt, i tillegg til at filformatene som brukes enten er den samme eller er kompatible med hverandre. Respondent 1 oppsummerer dette slik:

«... det handler om forståelse, da. Ikke bare oss mennesker mellom, men maskiner imellom også.»

Respondent 2 peker på utfordringene med godkjenningssprosessene og revisjoner underveis i prosjektgjennomføringen, i tillegg til hva forvalterne tar imot og forvalter av informasjon om VA-anleggene. Modellbaserte løsninger bør innarbeides bedre i kontrakter og VA-norm, i tillegg til at det er behov for et bedre apparat og prosesser i forvaltningen og vedlikehold av en modell i driftsfasen. Respondent 2 sier følgende:

«... de som skal forvalte og drifte dette, henger etter både med mottak og forvaltning, og ikke minst kravene de stiller.»

Respondent 3 trekker frem et poeng som kobler kompetanse og økonomisk motiv for kundene. Det påpekes at kundene må være proaktive og må se verdien av modellbaserte prosjektgjennomføringer på samme måte som konsulentbransjen gjør i dag. I tillegg til dette så poengterer respondent 3 at VA-bransjen typisk bygger for 100 års levetid, noe som er lenge sammenlignet med andre bransjer. Dersom man legger til noen prosenters ekstra kost på, for eksempel, 3D-design og i forvaltningen, så kan det potensielt gi store økonomiske besparelser ved vedlikeholdsbehovet. Respondent 3 sier at kundene må spørre seg selv hva som faktisk er den beste måten å forvalte VA-anleggene, og oppsummerer slik:

«Vi må påse at det er det beste valget for samfunnsmessig forvaltning av penger.»

7.1.5 Oppsummering

Hovedtema	Undertema	Funn
Prosess	<i>Prosessflyt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Varierer mellom prosjekter. • Prosessflyt (forenklet) Figur 7.1
	<i>Andre aktørers standarder</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tilfredsstiller ikke kravene for VA på god nok måte.
	<i>Bruk av modell</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nytt for kommunene, jobber mest tegning- og GIS-basert. • Rådgivere modellerer hele VA-anlegg for godkjenning og produksjon. • Entreprenørene bygger etter stikningsdata og modell.
	<i>Informasjonsutveksling</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mye bruk av skytjenester for både modellinnsyn og filutveksling. • Delte mappestrukturer (kommune) • E-post og telefon. (Kommune, entreprenør)
Mennesker	<i>Kompetanse</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Stor variasjon mellom kommuner og innad i hver kommune. • Bedre kompetanse blant rådgivere og entreprenører
	<i>Utfordringer og muligheter med modell</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Utfordringer ved brukbarhet for fagarbeidere og driftspersonell. • Kontrakter/VA-normer er ikke rigget for modell – viser til 2D tegningsleveranser. • IFC er ikke tilpasset VA.
	<i>Endringsdrivere</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Komplekse prosjekter. • Rådgivere (push) • Kommune (pull) – bremser utviklingen i dag. • Programvareleverandører. • Bransjen som helhet.
Teknologi	<i>Verktøy og teknologi i bruk</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ofte Gemini VA som forvaltningsdatabase hos kommunene. • Ofte Novapoint som prosjekteringsverktøy. • Relasjonsdatabaser. • Forskjellige innsynsverktøy. • IFC, SOSI, GML, DWG
	<i>Teknologi og verktøy i fremtiden</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bransjen må se mer mot åpne internasjonale fil-standarder. • Prosjekteringsverktøy som er bedre tilpasset VA. • Bedre skytjenester for modellinnsyn og sakshåndtering i modell.
Utvikling av heldigital prosjektgjennomføring		<ul style="list-style-type: none"> • Trengs en veiledning for modellbasert VA-prosjekt. • Utvikle og ta i bruk åpne filformat og innarbeide kompatibilitet mellom software og formater. • Trengs en proaktiv kunde. • Må påse at modellbasert prosjektgjennomføring er det beste valget for samfunnsmessig forvaltning.

Tabell 7.1: Oppsummering av funn fra kvalitative intervju.

7.2 Enkelcase (E18 Strand – Ramstadsletta)

7.2.1 Prosess

Prosjektet er modellbasert og leverer grunnlagsmodeller og fagmodeller etter kravene som er beskrevet i Statens Vegvesens håndbok V770. I tillegg til dette har prosjektet en egen BIM-gjennomføringsplan som er spesifikk for prosjektet.

Standardisering

Bærum kommune godkjenner alle løsninger i modell. Det finnes ingen standard eller norm for hvordan en modell skal modelleres og vises til dette formålet i dag. VA-normen til Bærum kommune beskriver hvordan en tegning skal se ut. Den beskriver hvilke informasjon man minimum skal finne i en tegning, men man har for eksempel ikke tegningsformat og målestokk i en modell. [34]

Det finnes ingen norm for hvordan en modell-visning skal se ut. Derfor forsøker Norconsult å, undervegs, definere en «norm» som kan gjelde uavhengig av prosjekter og lokasjon. [34]

MMI

I prosjektet så brukes en prosjektspesifikk modellmodenhetsindeks (MMI) som er utarbeidet etter EBA og RIF sin standard [35]. Dette er blant annet viktig for at entreprenøren skal kunne vite hva som er grunnlag for produksjon og hva som ikke er det [34].

Alle objekter og arbeidsgrunnlag skal ha angitt MMI iht. prosjektets MMI-spesifikasjoner. Prosjekterende har ansvar for å ha et forhold til hvilken MMI som skal leveres gjennom hele prosjektet. MMI skal angis på objektnivå slik at ulike objekter dermed kan ha angitt ulik modenhet i en og samme fagmodell. [35]

DISIPLINMODELL VANN OG AVLØP (f-va, f-dren)	
Nivå	Koordinering og definerte leveranser som kan bestilles (farget linje)
RISIKOGRAD LIGGER I MMI 100 - 350	Normalprofil, senterlinje og vegdekkkanter 2D: MMI200
	Nedbørsfelt
	Flomnivå og grunnvannsnivåer
	Innmålinger på eksisterende anlegg og stikkrenner (tilnyttet bygg)
	Fagmodell stikkrenner som linjer (solids)
	Supplerende innmålinger og terrengmodell - spesielt for berg
	Hvilke materialer kan vi velge mellom
	Landskapsarrangering og flom/infiltrasjonsløsninger
	Input på stabilitet/skråninger/spunting
	Veg og VA koordinerer topp og planum: MMI300
Planum for grøfter (og kummer) - Skanska vurderer	
Til orientering	Materialvalg - leverandør valgt
	Koordinering av utsparinger og volumer mot andre fag ≥MMI200
	Koordinering av pumpestasjoner: utsparinger, innstøpingsgods (boltegruppe/trekkerer) og volum
	Fagmodell med volum av alle ledninger og kummer
350	Eventuelle kommentarer fra TFK
	Modellutsnitt / Tegninger VA til godkjenning kommunale myndigheter
Som utført	Eventuelle kommentarer fra kommuner
	Godkjent modell VAO med kummer og ledninger
475	Modell oppdateres ved behov med innmålinger. MMI objekter løftes
500	

Figur 7.2: MMI-spesifikasjon for vann og avløp.

Effektivisering og sporbarhet i modell

Modellen i prosjektet har revisjonshistorikk på hvert enkelt objekt. Det vil si at alle objekter i modellen har et egenskapsstett som forteller hvilke revisjonsnummer det har, revisjonsdato og hva revisjonen gjelder. Revisjoner brukes bare fra det tidspunktet modellen er et produksjonsgrunnlag, altså fra MMI 400. [34]

Etter at anlegget er modellert og sendes ut som produksjonsgrunnlag for første gang, så får alle objekter sitt første revisjonsnummer. Dersom det skjer en endring på et av disse objektene, som er sendt ut tidligere, så er det kun de berørte objektene som får et nytt revisjonsnummer med tilhørende informasjon og beskrivelse. Dette gjør at det blir mer effektivt å bruke modellen ved at man lettere klarer å finne frem til en revisjon inne i modellen. Alternativt måtte hele fagmodellen fått en ny revisjon, og man måtte ha skrevet en stor oppsummering av hva som er revidert i hele modellen. [34]

7.2.2 Mennesker

Tverrfaglighet og samspill mellom prosjekter

For å sikre tverrfaglighet så er det satt opp tre typer møter/sesjoner i prosjektet:

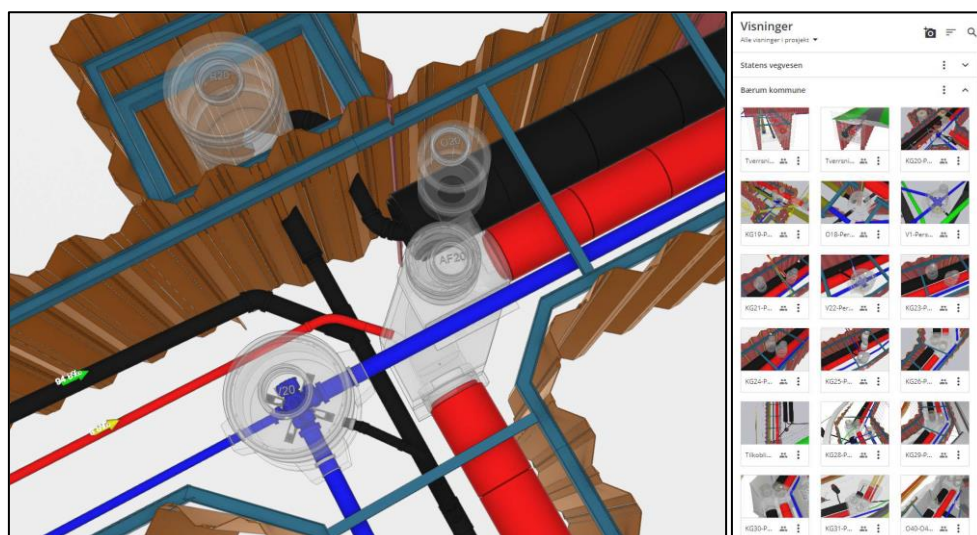
- Tverrfaglige gjennomganger (TFG)
- Tverrfaglige kontroller (TFK)
- ICE-sesjoner. [35]

Prosjektet som sådan er svært komplekst og tverrfaglig. Derfor er man også avhengig av å ha absolutt alle fag i samme modell for å ha forutsetninger for å lykkes. Prosjektet «E18 Strand – Ramstadsletta» er en egen entreprise, som en del av en lengre strekning, på prosjektet mellom Lysaker og Ramstadsletta. Dette gjør det nødvendig å kunne ha et samspill mellom de forskjellige entreprisene for å unngå konflikter i grensesnittene mellom prosjektene. Modellbasert prosjektgjennomføring gjør det mye enklere å ha kontroll på dette. [34]

Involvering av ledningseier/kommunen

Norconsult bruker mye tid på opplæring av Bærum kommune som skal godkjenne VA-prosjektering i modellinnsynsløsningen, Trimble Connect. Til gjengjeld så gjør Bærum kommune alle godkjenninger i modell og ikke ved bruk av tegninger. I tillegg til dette så er kontrollører fra kommunen med på modellgjennomganger for å ha mulighet til å kommentere på designet. [34]

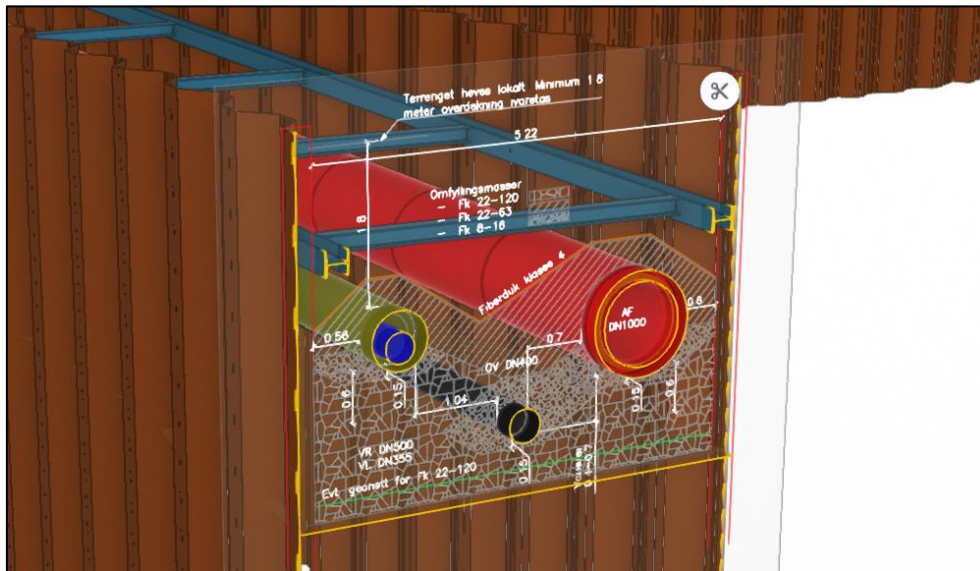
For å tilrettelegge for kommunens godkjenningsprosess så er det etablert tilrettelagte visninger (viewpoints) i Trimble Connect. Bærum kommune får tilsendt en link, direkte til visning, som viser minimum den samme informasjonen som det ville blitt vist i en tradisjonell kum-tegning. Disse visningene er tilrettelagt slik at relevante modeller i nærheten er slått på. Det er også satt på gjennomsiktighet på kummer, slik at man ser armatur, i tillegg til at fallpiler og tekst er synliggjort i modellen. [34]



Figur 7.3: Tilrettelagte visninger i Trimble Connect til bruk for godkjenning av løsninger fra Bærum kommune.

Kobling mellom modell og tegning

I prosjektet blir «typiske» tegninger og prinsippskisser presentert visuelt i modell. På denne måten sees tegninger og modell i sammenheng. Figur 7.4, vist nedenfor, viser et eksempel på en prinsippskisse av en grøft, vist i modell. Vanligvis produseres tegninger i AutoCAD som DWG og skrives ut i PDF-format, før den sendes ut ved siden av modellen. I dette tilfellet er DWG-filen plassert ut, med riktige verdenskoordinater, inne i innsynsmodellen i Trimble Connect. [34]



Figur 7.4: «Typiske tegninger» presentert i modell

Det er ikke et mål å unngå tegninger i seg selv, men det er ønskelig å ikke levere ut tegninger som separate PDF-filer, som ikke henger sammen med modellen. Dersom man får en revisjon på VA-anlegget og må gjøre om på modellen, så er det en risiko for å glemme å oppdatere den tilhørende PDF-tegningen i tillegg. Slik det gjøres her, leverer man en tegning sammen med modellen på en slik måte at man tydelig ser eventuelle avvik mellom tegning og modell. [34]

Dette er også noe som gjør modellen mer «lesbar», i kraft av at man finner den informasjonen, som man ofte trenger, på en rask måte. I dette tilfellet, måtte man, alternativt, ha modellert alle de forskjellige omflyttingsmassene langs hele grøften. Ved å istedenfor å lage ett slikt «typisk tverrsnitt», referert til profilnummer, så forenkles jobben til den som modellerer, samtidig som det er enklere for fagarbeidere å forholde seg til. [34]

7.2.3 Teknologi

Innsynsløsning – Trimble Connect

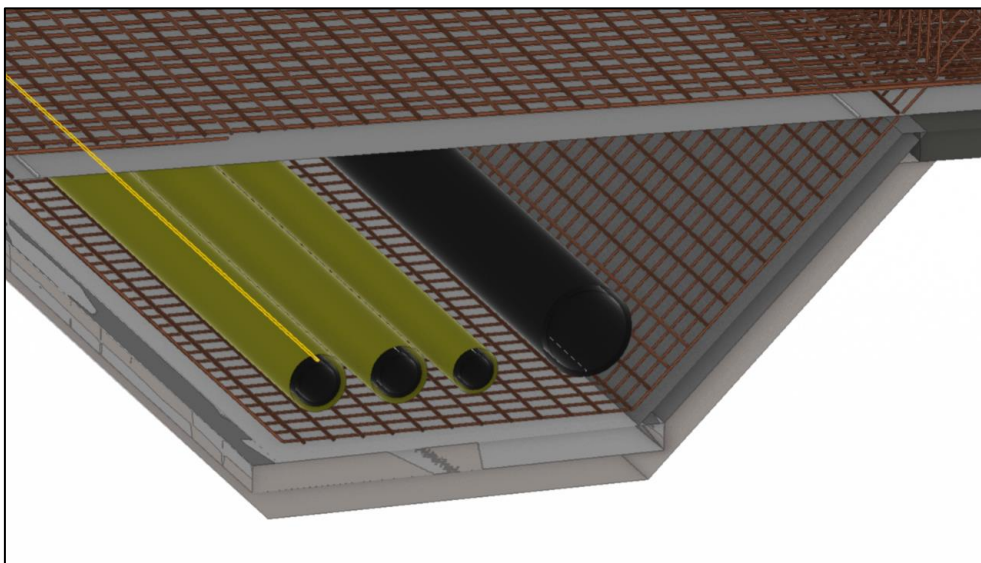
Det er bestemt at alle fag skal prosjektere fagmodeller i 3D. Disse modellene skal inneholde elementer med egenskaper, og skal inneholde nødvendig informasjon eller være linket til nødvendig informasjon. Som en viktig del av prosjektets digitale infrastruktur er det opprettet en løsning for modellinnsyn. Innsynsverktøyet som brukes i prosjektet er Trimble Connect. Løsningen benyttes for å gjøre tilgjengelig samordningsmodeller med relevant prosjektinformasjon. [35]

Innsynsmodellen i Trimble Connect oppdateres med jevne sykluser, hver natt. Det vil si at alle fargemodeller som oppdateres, blir synkronisert i løpet av natten i Trimble Connect. Alle oppdaterte modeller som skal synkroniseres inn i innsynsmodellen i Trimble Connect, skal kontrolleres før ICE-møter, tverrfaglige gjennomganger og øvrige møter. Dersom det er eventuelle bemerkninger eller kommentarer, som har betydning for andre fag, skal dette dokumenteres som en «Oppgave» i innsynsmodellen. [35]

Filformat – IFC 2x3

I prosjektet så kreves det, etter BIM-gjennomføringsplan, leveranser av fagmodeller i IFC-format, minimum versjon 2x3 [35]. Modeller fra både Novapoint og Revit, eksporteres til dette IFC-formatet. Disse IFC-filene inneholder stikningsdata som består av linjer og punkter med attributter, i tillegg til volumgeometri. [34]

Dersom det er mest hensiktsmessig å ha modellene i én og samme modell-fil, så brukes et verktøy for å slå sammen modellene til én fil. Dette gjøres gjennom en «merge»-funksjon i SimpleBIM eller tilsvarende verktøy. Dette er en måte å unngå at man trenger å forholde seg til utallige filer som, potensielt, kan føre til at enkelte kan miste oversikt. Figur 7.5 viser et eksempel på visning av både volumgeometri og stikningslinje i innsynsmodellen. [34]



Figur 7.5: Volumgeometri og stikningslinje sammenstilt i modell.

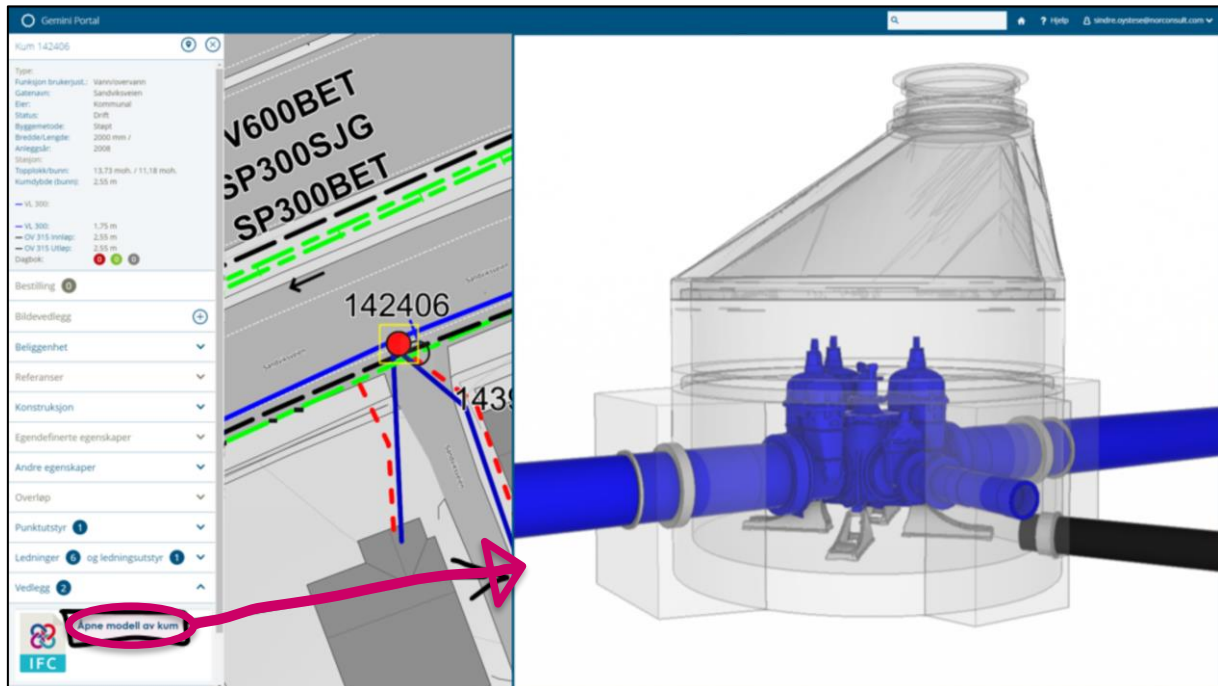
Kartlegging av eksisterende infrastruktur i grunnen

Eksisterende kummer som skal beholdes og gjøres tiltak på skannes til punktsky som benyttes til videre prosjektering i globale koordinater. I tillegg til dette så TV-skannes mange av de eksisterende ledningene slik at de kan koordinatfestes og registreres med riktig innvendig volum som kan legges inn i en grunnlagsmodell.

Kombinasjon av prosjekteringsverktøy

Når det kommer til selve VA-prosjekteringen i prosjektet, så kombineres flere prosjekteringsverktøy for å få en komplett prosjektering med all nødvendig informasjon. Verktøyene som brukes er Novapoint, Revit og Gemini Terreng. [34]

Det er også barrierer i det mest brukte forvaltningsverktøyet når det kommer til å forvalte BIM-format. Gemini VA har i dag støtte for vedlegg av tegninger i for eksempel PDF-format. Dersom Gemini VA hadde hatt en egen BIM-viewer for BIM gjennom IFC-formatet, så kunne man lagt ved en IFC-modell av en kum istedenfor en kumtegning. Figur 7.7 viser en manipulert figur av en mulig fremtidig løsning med visning av BIM i Gemini VA. [34]



Figur 7.7: Manipulert figur av visning av BIM i Gemini VA.

8 Diskusjon

8.1 Prosess

Prosessflyten som vises i Figur 7.1 er en forenklet fremstilling av hvordan prosess- og informasjonsflyten fungerer i typiske samferdselsprosjekter i dag. Ut ifra det enkelte kommuner forteller om prosessflyt, vet vi at denne prosessflyten ikke kan generaliseres for alle VA-prosjekter. Det er fordi prosessflyten også avhenger av ledningseierens organisasjon, hvem som eier prosjektet, størrelse på prosjekt og entrepriseform. Likevel gir det et godt bilde på hvordan prosess- og informasjonsflyten fungerer mellom de tre aktørene; kommune, rådgivende ingeniør og entreprenører.

8.1.1 Planleggingsfasen

Det blir fortalt at et VA-prosjekt ofte starter med informasjonsinnhenting av den eksisterende situasjonen i grunnen. Dette gjøres for å kunne danne en grunnlagsmodell for videre prosjektering. Denne prosessen sies å være en stor og kompleks prosess, særlig i bynære strøk. Grunnen til det er at det registrerte datagrunnlaget om eksisterende infrastruktur i grunnen har svært varierende kvalitet og pålitelighet. I tillegg til dette er det også, av og til, krevende å koordinere med andre kabelaktører. Løsningen på dette er at det må gjennomføres inngripende undersøkelser i form av enten prøvegraving eller skanning med for eksempel georadar eller lignende. Dersom dette ikke gjøres, ender man som regel opp med at entreprenørene må finne løsninger på stedet. Dette er for så vidt også ofte praksisen i mange konvensjonelle prosjektgjennomføringer i dag.

Dersom denne prosessen med innhøsting av informasjon var mer effektiv og førte til mer pålitelig informasjon, så kunne dette gitt positive ringvirkninger for alle faser av prosjektet. Da hadde:

- oppstartsprosessen vært mindre resurskrevende,
- datagrunnlaget for utarbeidelse av grunnlagsmodeller hadde vært mer pålitelig,
- man kunne unngått mange revisjonsrunder av VA-fagmodellen under utførelse.

Ut ifra enkelcase-studien ser vi at det legges mye jobb i å danne et så godt grunnlag som mulig av den eksisterende situasjonen i grunnen. Det skannes punktsky av eksisterende kummer i tillegg til at mange av de eksisterende ledningene TV-skannes. Dette benyttes til videre prosjektering i globale koordinater slik at de kan modelleres riktig inn i en grunnlagsmodell. Dersom det hadde vært forvaltet god nok informasjon om eksisterende infrastruktur, så hadde ikke dette vært nødvendig.

Selve prosjekteringen og koordinering med øvrige fagmodeller foregår, som regel, alltid i modell. Dette gjøres ved hjelp av ulike typer skytjenester, der alle fagmodeller sammenstilles. Når det kommer til informasjonsflyt så fungerer dette meget godt mellom de ulike fagene. Prosjekteringen og utviklingen av fagmodellene koordineres gjennom «sirkelreferanser» mellom fagene, gjennom at man har direkte innsyn og sakshåndteringssystemer knyttet til modellen.

Når VA-anlegget skal modelleres av rådgiverne, så skal kommune eller offentlige myndigheter komme med innspill og godkjenne løsningene. Da møter man på utfordringen med at standardkontraktene er tilpasset at det skal leveres komplette tegningspakker til ledningseierne. Dette medfører at, selv om prosjektet gjennomføres modellbasert, så må det leveres tegninger til kommunen.

I tillegg til dette så er modellbaserte prosjekter ofte en arbeidsmetodikk som er lite innarbeidet, særlig blant kommunene. Derfor avhenger, hvordan dette løses, ofte av hvilke mennesker man møter i kommunene i tillegg til hvilken kommune det gjelder. Dette henger også sammen med at det ikke finnes noen veiledning, eller tilsvarende, for hvordan ledningseierne, rådgivere og entreprenører kan gjennomføre eller forholde seg til modellbaserte VA-prosjekter. Dette fører igjen til at informasjonsflyt i slike VA-prosjekter blir mer krevende fordi prosjektene er ikke bare unike i løsning, men også unike i data- og informasjonsflyt.

Det er også en utfordring at VA-normer i dag viser til at det skal leveres tegninger. Likevel har Bærum kommune, i prosjektet fra enkelcase-studien, gått med på å godkjenne løsninger direkte i modell. Dette kan også være et eksempel på at hvilke mennesker man møter i de ulike kommunene har mye å si for hvordan man løser informasjonsflyt. Når det kommer til å utforme tilrettelagte modellvisninger så er det en utfordring at det ikke finnes noen standard eller veiledning på dette. Det er også derfor Norconsult arbeider med å lage interne veiledninger for å få dette til på en mest mulig lik måte i andre prosjekter.

8.1.2 Utførelse

Etter at kommunene har godkjent de prosjekterte løsningene for VA-anlegget, blir fagmodellen oversendt som et arbeidsgrunnlag for entreprenørene. Dette går ofte via en eventuell byggherre/prosjekteier, avhengig av prosjekt og entreprisform.

En utfordring som krever mye arbeid i denne fasen, er nettopp det dårlige datagrunnlaget om eksisterende infrastruktur i grunnen. Dette fører til at det, med god margin, er VA-fagmodellen som revideres hyppigst, i mange prosjekter. For at dette ikke skal gå for mye utover fremdrift, så oppdateres arbeidsgrunnlag kun for entreprenørene og det produseres ikke tegninger til kommunene. En konsekvens av dette er at kommunene ikke blir oppdatert på løsningene som prosjekteres og bygges før de, som regel, mottar tegninger i form av «som bygget»-dokumentasjon. Dersom grunnlagsmodellene var bedre, så kunne kommunene vært tryggere på at det var mindre avvik mellom de godkjente prosjekterte løsningene og det som faktisk ble bygget.

Prosjektet i enkelcase-studien løser dette på en god måte. På grunn av at Bærum kommune har tilrettelagte visninger i modellen så har også kommunen kontroll på revisjoner underveis uten at det krever noe ekstra leveranser. Modellen er alltid oppdatert og gir én kilde til sannhet. Det er også et viktig poeng at modellen har revisjonshistorikk på hvert enkelt objekt. Da blir det mye lettere å raskt holde oversikt over alle de forskjellige revisjonene i modellen.

8.1.3 «Som bygget» / FDV

Når VA-anlegget er ferdig bygget, skal det leveres «som bygget»-dokumentasjon. Dette dokumenteres ved stikningsdata som er målt inn av entreprenør. Disse dataene skal også kodes i henhold til SOSI-standard til kommunen og NVDB (Norsk vegdatabank) til Statens vegvesen (dersom VA-anlegget er del av vegprosjekt). Selv om disse to datasettene dokumenterer mye det samme, så samsvarer ikke disse datasettene. Kommuner krever også som regel å få levert tegninger i tillegg til kumkort.

Dette arbeidet er i dag en ganske tidkrevende jobb for entreprenørene i store prosjekter. Dette er også en prosess som henter det aller meste av informasjon fra en modell, for så å konvertere dette til de ulike kartdatabasene og informasjon i kum-kortene. I denne prosessen så tapes også mye informasjon som ligger i modellene og som kunne vært nyttig i forvaltningen.

I enkelcase-studien finner vi at det planlegges for å levere «som bygget»-dokumentasjon til Bærum kommune i formater som minimerer tapet av informasjon. Nøyaktig hva som leveres gjenstår å se, men det avhenger av hva kommunen er kapable og villig til å ta imot.

Til forskjell fra dette så har Equinor en digital tvilling av all infrastruktur i grunnen på sine landanlegg. På denne måten har de full oversikt over alle rør- og kabelinstallasjoner i grunnen. I denne digitale tvillingen er alle objekter «tag»-nummerert og har sin egen identitet med sin egen historie samtidig som de koblet til et vedlikeholdsprogram.

Ledningsregistreringsforskriften krever at ledningseierne samler inn og registrerer data om ledningsnett etter SOSI-standard. Dette er imidlertid bare et krav om hvilke typer informasjon ledningseier plikter å utlevere ved etterspørsel. Det bestemmer ikke at det er bare dette formatet som skal benyttes i selve forvaltningen.

8.1.4 Andre aktørers standarder

Fra de kvalitative intervjuene kommer det frem at andre aktørers standard ikke er godt nok tilpasset den informasjonen som kommunene faktisk trenger. Derfor savner de en mer VA-rettet standard. Hvorfor disse standardene ikke er godt nok tilpasset VA, er uvisst og ikke undersøkt.

Disse standardene eies og utvikles av store offentlige byggherrer som ikke bygger VA-anlegg hovedsakelig, men bygger VA-anlegg som en del av et annet type byggverk eller anlegg/infrastruktur. For å kunne bygge store og komplekse prosjekter, som disse byggherrene ofte gjør, så er det nødvendig å ha alle fag i modell. Derfor må også den tilhørende VA-infrastrukturen beskrives i standarden. Siden det ikke finnes noe veiledning eller standard som forteller hva en VA-modell bør inneholde, så dannes trolig disse kravene i standardene med et minimum av den informasjonen som trengs for å bygge de ulike prosjektene. Dersom vann-bransjen var samlet om en metode og strukturering av modellbaserte prosjektgjennomføringer, så kunne trolig andre aktører implementert disse kravene inn i sine kravsett.

8.2 Mennesker

8.2.1 Kompetanse

Både rådgiverne og entreprenørene som er intervjuet, forteller at det er tilstrekkelig BIM-kompetanse i organisasjonen. Blant rådgiverne blir det presisert at selve BIM-kompetansen ofte tilfaller de som faktisk prosjekterer eller jobber i de ulike verktøyene. Derfor presiseres det at det hadde vært mye bedre om BIM-kompetansen var til stede på tvers av hele organisasjonen. Dette harmonerer også med det entreprenørene sier om at BIM blir sett på som et eget fag, eller støttefag, som alle er avhengig av. Kommunene forteller at BIM er relativt nytt for dem og prosessene er ikke

innarbeidet i organisasjonen. Derfor finnes det alle ytterpunkter når det gjelder kompetanse hos kommunene.

I lys av det respondent 2 og 3 forteller om opplæring, så viser det at man ikke nødvendigvis må ansette ny kompetanse. Erfaringer fra Bybaneprojektet og opplæringsprosesser hos Equinor tilsier at det er fullt mulig å raskt utvikle kompetansen innad i en organisasjon. Dermed kan man si at barrieren er å faktisk tørre å ta steget med å starte en opplæringsprosess med menneskene i organisasjonen.

8.2.2 Utfordringer og muligheter med modell

Utfordringer ved modell som nevnes i intervjuene er kompetanse, lesbarhet av modell og vanskeligheter med å modellere en sann representasjon av situasjonen under bakken før et prosjekt starter. Alle disse utfordringene viser enkelcase-studien at er mulig å løse gjennom utvikling.

Mulighetene som også presenteres gjennom intervjuene og enkelcase-studien, viser at oppsiden er stor ved å ta i bruk modellbaserte prosesser og prosjektgjennomføringer.

- Løsninger for VA-anleggene får et mer gunstig design gjennom flerfaglighet og involvering av fagarbeidere.
- Prosessene blir mer effektive, sporbare og mindre resurskrevende gjennom integrerte prosesser for samhandling i modell.
- Bedre mulighet for å se hvert enkelt prosjekt i sammenheng med hverandre.

Dette er muligheter som vil kunne svare på mange av de utfordringene som finnes i vannbransjen i dag.

8.2.3 Endringsdrivere

Ut ifra intervjuene blir rådgiverne og komplekse prosjekter pekt på som de største endringsdriverne i dag. Det er fordi det er rådgiverne som normalt har høyest kompetanse når det gjelder BIM. I tillegg er det helt nødvendig å ta i bruk modellbaserte prosesser for å, i det hele tatt, få til å prosjektere og bygge komplekse bygg- og anleggsprosjekter.

Videre blir det nevnt at kravene som stilles fra byggherren har mye å si. Både entreprenører og rådgivere er villig til å strekke seg langt etter å møte krav fra byggherrer. Slik det er nå så stiller kommunene som byggherre lite krav til modellbaserte prosjektgjennomføringer og dataleveranser. Det eneste som kreves er å få levert data som tilfredsstillende ledningsregistreringsforskriften i tillegg til VA-norm, som stort sett viser til tegninger og kumkort. Kommunene kunne derfor med fordel stilt høyere krav til leveranser, slik at de også kan høste av teknologien som faktisk er utbredt i markedet i dag.

Dette er noe som bygger videre på det at det er bransjen som helhet som må utvikle seg. Dette gjelder da både rådgivere, entreprenører, kommuner, byggherrer i tillegg til programvareleverandører. Det er på mange måter programvareleverandørene som muliggjør prosessene og løsningene som VA-bransjen ønsker seg. Da er det viktig at alle aktører er mest mulig

samlet for å kunne opptre som en stor kundegruppe slik at programvareleverandørene strekker seg lengre i å holde på markedsandeler.

8.3 Teknologi

Når det kommer til prosjekteringsverktøyene som brukes til VA-prosjektering i dag, så kommer det frem at det ikke finnes verktøy som kan tilfredsstille alle behov. Dette gjelder behovet for å modellere detaljert nok for produksjon av f.eks. kummer samtidig som man skal kunne eksportere stikningsdata til både grøft og korrekt plassering av både rørdeler og kummer. Dersom man ikke kombinerer flere forskjellige prosjekteringsverktøy i dag, så ender man ofte opp med å måtte produsere tegninger for å kunne levere gode nok detaljer for å produsere kummer.

I enkelcase-studien er VA-anlegget prosjektert komplett, med all informasjon, som tilfredsstiller alle behov. For å få dette til er det benyttet hele tre forskjellige prosjekteringsverktøy. Med tanke på priser på slike lisensierte programvarer, så er dette en klar barriere for å få til fullverdige modellbaserte prosjekter. Det er nødvendig at det blir mulig å bruke ett enkelt verktøy som kan tilfredsstille alle behov. For å få til dette er det viktig å se mest mulig mot internasjonale åpne fil-format, slik at også internasjonale aktører lettere kan komme inn i norske infrastrukturprosjekter.

Flere av respondentene i intervjuene uttrykte mindre begeistring for IFC-formatet når det kommer til VA-prosjekter. I tillegg blir det også nevnt i intervjuene at IFC i utgangspunktet ikke kan representere punkter og linjer (stikningsdata). Dette stemmer ikke ut ifra enkelcase-studien, der både volumgeometri og stikningsdata er representert i samme IFC-fil. Det stemmer at det ligger begrensninger i prosjekteringsverktøyene, men denne begrensningen hører ikke til IFC-formatet. Ut ifra intervjuene så kan dette tyde på at potensialet til IFC i VA-prosjekter er lite kjent i bransjen.

Kommunene forvalter stort sett all informasjon om nye anlegg i GIS-format (SOSI/GML), noe de også er pålagt ifølge ledningsregistreringsforskriften. Dersom disse dataene hadde blitt kombinert med BIM-modeller fra alle nye prosjekter, så ville det gitt kommunene svært gode forvaltningsverktøy for VA-nettet. Da trengs det en standardisert måte for mottak og forvaltning av BIM-modeller på samme måte som det gjør for GIS-data, i dag.

8.4 Hva skal til for å utvikle en heldigital prosjektgjennomføring av VA-anlegg?

Når det kommer til spørsmålet om; «Hva skal til for å utvikle en heldigital prosjektgjennomføring av VA-anlegg?», så nevner alle utvalgsgrupper fra intervjuene, at det trengs en veiledning eller standard for hva en modellbasert prosjektgjennomføring av VA-anlegg skal innebære. For å få til å utvikle en slik veileder er det viktig å samkjøre alle berørte parter, slik at man oppnår at både aktører, mennesker og maskiner snakker sammen og forstår hverandres prosesser.

For å ta utviklingen videre så påpekes det, særlig fra rådgiverne, at kommunene ikke henger med når det kommer til kravene de stiller til en modell, i tillegg til mottak og forvaltning av en modell. Konsekvensen av dette er at modeller ikke holdes oppdatert gjennom forvaltningen, og mister dermed sin verdi. Ut ifra denne undersøkelsen så tyder det på at kommunene ikke har et godt

definert bruksområde for modeller i dag. I en eventuell veileder, bør det derfor også være definerte bruksområder for modeller i forvaltningen i tillegg til prosjektering og utførelse.

Videre pekes det på at kundene, eller kommunene, må se potensialet og verdien i modellbaserte prosjekter, på samme måte som de andre aktørene gjør i dag. VA-sektorens mål om lave kostnader for samfunnet gjør at forvaltningsorganisasjonene bør se til mer effektive prosjektgjennomføringsmetoder for å få opp fornyingstakten på ledningsnett. I tillegg til dette bør det utvikles metoder for bruk av modeller i forvaltningen som kan gi besparelser i vedlikeholdsbehovet på ledningsnett.

Slik som VA-sektoren i Norge er organisert i dag, med 353 offentlige vann og avløpsenheter, gjør det trolig vanskelig å føre utviklingen i én enkelt retning. Resultater fra intervjuene forteller at både prosesser og kompetanse innad i de forskjellige kommunene er ganske ulike. Dette gjør det vanskelig for både rådgivere, entreprenører og programvareleverandører i arbeidet med å møte kundens behov og ønsker når det kommer til prosjektgjennomføring og teknologi. For å gjøre landskapet av ulike prosesser og kompetanse mer enhetlig, kan det derfor være fornuftig å organisere vannforvaltningen på regionalt nivå istedenfor på lokalt nivå, som i dag.

8.5 Metodologisk drøfting

Funnene i denne masteroppgaven baserer seg på åpne kvalitative intervjuer, enkelcase-studie og relevant kunnskapsbakgrunn. Det grunnleggende spørsmålet som stilles i en metodologisk drøfting er hvorvidt man har lyktes med å få frem et bilde av virkeligheten, eller om bildet som beskrives er et resultat av undersøkelsen i seg selv [26]. Dette delkapittelet tar for seg masteroppgaven sin resultatets pålitelighet, intern og ekstern gyldighet.

8.5.1 Intern gyldighet

Intern gyldighet vil, enkelt forklart, si om det i undersøkelsen er samsvar mellom virkeligheten og oppgavens beskrivelse av virkeligheten i masteroppgaven. [26]

De åpne kvalitative intervjuene har tatt sikte på å beskrive hvordan prosessene hos prosjekteiere, rådgivere og entreprenører er, knyttet til informasjonsflyt og krav til dokumentasjon. Alle respondenter i denne delen av undersøkelsen har jeg kommet i kontakt med via kontaktnettverket til eksterne veiledere i Norconsult. Dette kan ha styrt resultatene i en bestemt retning, i og med, at dette ikke er å regne som et randomisert utvalg.

Når det kommer til om kildene har gitt riktig informasjon så er det en svakhet at respondentene har hatt ulike roller innad i utvalgsgruppene. Det er forskjell i hvor nært respondentene er på fenomenet, noe som gjør at enkelte av forskjellene innad i utvalgsgruppene kan være falske. En annen svakhet ved resultatene fra denne delen av undersøkelsen er at det ikke har vært tid til respondentvalidering. Det er derfor mulig at enkelte utsagn er feiltolket og presentert galt.

Enkelcase-studien har i denne masteroppgaven tatt sikte på å beskrive dagens «beste praksis» ved modellbaserte prosjektgjennomføringer av VA-anlegg. Det er masteroppgavens eksterne veileder

som har valgt ut dette prosjektet som et eksempel på «beste praksis», i dag. Hvorvidt dette kan kategoriseres som «beste praksis», er gitt av veilederens kunnskap om andre modellbaserte prosjekter i Norge. Gitt at veileder jobber i et av landes største rådgiverselskap, samt at han har en stilling som BIM-strateg, så vurderes dette til å være riktig. Når det kommer til om jeg som forsker har gitt en sann representasjon av virkeligheten i denne enkelcase-studien, så vurderes også det som riktig. Det er på grunn av at enkelcase-studien bygger på informasjon direkte fra veileder, i tillegg til at veileder har validert informasjonen.

8.5.2 Pålitelighet

Masteroppgavens pålitelighet, eller reliabilitet, stiller spørsmål ved om resultatene i undersøkelsen er et resultat av selve undersøkelsen. Ved dette spørsmålet ligger det en annerkjennelse ved at både undersøkelsesopplegget, datainnsamlingen og analysen kan påvirke resultatene. [26]

I denne masteroppgaven er det benyttet inngripende datainnsamlingsmetoder som vil kunne gi en såkalt «undersøkelseeffekt». Under gjennomføringen av de åpne individuelle intervjuene så vil man kunne få en intervjuereffekt der samtalen, i stil og innhold, formes av respondent og meg som intervjuer. Alle, bortsett fra ett intervju, ble gjennomført på Teams. Struktur og gjennomføring av intervjuene ble gjennomført likt for alle og er nærmere beskrevet i metodekapittelet.

Slurv i nedtegning og analyse av data er også en mulig feilkilde som bør drøftes. Alle intervjuer er registrert gjennom lydopptak. Disse lydopptakene er deretter transkribert ordrett i et dokument som senere er brukt til analyse i NVivo, som beskrevet i metodekapittelet. Det er ikke umulig at det er blitt transkribert feil fra lydopptak. Transkriberingsprosessen var en svært lang og krevende prosess som kan ha påvirket kvaliteten på transkriberingen. Det er også mulig at viktige utsagn er oversett eller kodet feil i NVivo, slik at verdifull data ikke har kommet med i analysen eller har blitt tolket i feil kontekst. Enkelcase-studien er, som nevnt, validert av veileder.

8.5.3 Ekstern gyldighet

Ekstern gyldighet, eller overførbarhet, dreier seg om i hvilken grad man kan generalisere funnene i undersøkelsen til andre enn de som faktisk er undersøkt. [26]

Utvalgsgruppene i denne masteroppgaven består av kommuner, entreprenører og rådgivere. Utvalget av entreprenører er det smaleste utvalget, og består av to respondenter. De andre gruppene består av henholdsvis tre og fire respondenter. Begge respondentene fra entreprenørene representerer to ganske store selskap, slik at det ikke kan generaliseres for de litt mindre bedriftene. Blant de andre respondentene var det god spredning mellom roller og lokasjon.

Når det kommer til prosessflyten i Figur 7.1 så lyktes jeg dårlig med å samle inn prosessflyter fra alle respondentene. Mange av respondentene hadde ikke tegnet opp eller funnet frem prosessflyter som de kunne vise meg, og det ble derfor forsøkt å forklare prosessene muntlig. Likevel bidro alle med forståelsen av prosessflyten som er mellom kommune, entreprenør og rådgivere.

9 Konklusjon

Her presenteres og besvares forskerspørsmålets underspørsmål i kronologisk rekkefølge, før hovedspørsmålet gir en mer generell konklusjon om «*hva som skal til for å utvikle en heldigital prosjektgjennomføring av VA-anlegg?*»

Hvordan er prosessene hos prosjekteiere, rådgivere og entreprenører knyttet til informasjonsflyt og krav til dokumentasjon i dag?

Figur 7.1 viser forenklet flytskjema av hvordan prosess- og informasjonsflyten fungerer i dag.

- Oppstart av et prosjekt starter ofte en med en krevende prosess med innhøsting av informasjon om eksisterende infrastruktur i grunnen. Dette er på grunn av varierende kvalitet ved informasjon om eksisterende infrastruktur i grunnen. For å kompensere for dette er det ofte nødvendig med inngripende undersøkelser. Dette gjøres for å kunne danne en grunnlagsmodell for videre prosjektering av rådgiverne.
- Selve prosjekteringen og koordinering med øvrige fagmodeller foregår, som regel, alltid i modell. Dette gjøres ved hjelp av ulike typer skytjenester, der alle fagmodeller sammenstilles. I denne prosessen møter man på utfordringen med at standardkontraktene er tilpasset at det skal leveres komplette tegningspakker til ledningseierne. Dette medfører at, selv om prosjektet gjennomføres modellbasert, så må det leveres tegninger til kommunen.
- Etter at kommunene har godkjent de prosjekterte løsningene for VA-anlegget, blir fagmodellen oversendt som et arbeidsgrunnlag for entreprenørene. Dette går ofte via en eventuell byggherre/prosjekteier, avhengig av prosjekt og entreprisreform.
- Det dårlige datagrunnlaget om eksisterende infrastruktur i grunnen fører til at det i mange prosjekter er VA-fagmodellen som revideres hyppigst. For at dette ikke skal gå for mye utover fremdrift, så oppdateres arbeidsgrunnlag kun for entreprenørene og det produseres ikke tegninger til kommunene.
- Når VA-anlegget er ferdig bygget, skal det leveres «som bygget»-dokumentasjon. Dette dokumenteres ved stikningsdata som er målt inn av entreprenør. Disse dataene skal også kodes i henhold til SOSI-standard til kommunen og NVDB (Norsk vegdatabank) til Statens vegvesen (dersom VA-anlegget er del av vegprosjekt). Selv om disse to datasettene dokumenterer mye det samme, så samsvarer ikke disse datasettene. Kommuner krever også, som regel, å få levert tegninger i tillegg til kumkort.
- Det leveres også ofte «som bygget»-modell, men forvaltningsorganisasjonene er ikke rigget til å forvalte modellene.

Hva er den «beste praksisen» for produksjon og utveksling av nødvendig informasjon og dokumentasjon i hele prosjektforløpet?

«Beste praksis» tar utgangspunkt i enkelcase-studien.

- Det hentes ut informasjon om eksisterende infrastruktur i grunnen, eksisterende kummer som skal gjøres tiltak på, skannes til punktsky og ledninger TV-skannes for koordinatfesting med riktig volum i grunnlagsmodell.

- Ledningseier/kommune involveres i prosjekteringen gjennom tilrettelagte visninger i modellinnsynsverktøy og godkjenner løsninger via innsynsmodell.
- Fagmodell leveres som arbeidsgrunnlag i IFC-format som inneholder både volumgeometri og stikningsdata. Dette gjøres ved kombinasjon av flere ulike prosjekteringsverktøy.
- Modellen har revisjonshistorikk på hvert enkelt objekt, slik at det er enklere å ha kontroll på hver enkelt revisjon gjennom hele prosjektgjennomføringen.
- Modellen har «typiske» tegninger og prinsippsskisser presentert i modell med riktige verdenskoordinater.
- «Som bygget»-dokumentasjon leveres til ledningseier/kommune i format som gir minst mulig tap av informasjon.

Hvordan bør en modellbasert prosjektgjennomføring av VA-prosjekter struktureres for å gi en integrert prosess fra prioriteringer i forvaltningen til utførelse av prosjektet og drift av anlegget?

- Starter med effektiv prosess for innhenting av informasjon om eksisterende infrastruktur i grunnen iht. ledningsregistreringsforskriften i tillegg til eventuelle BIM-modeller som brukes i forvaltningen.
- Alle aktører har innsyn i modell og mulighet for kommentarer og godkjenne løsninger i modell gjennom hele prosjekteringsfasen og utførelsesfasen.
- Ledningseier tar imot «som bygget»-dokumentasjon iht. ledningsregistreringsforskriften i tillegg til «som bygget»-BIM-modell som inngår som del av forvaltningsprosessene til ledningseier.

Hva skal til for å utvikle en heldigital prosjektgjennomføring av VA-anlegg?

- VA-sektorens mål om lave kostnader for samfunnet gjør at forvaltningsorganisasjonene bør se til mer effektive prosjektgjennomføringsmetoder for å få opp fornyingstakten på ledningsnettet. I tillegg til dette bør det utvikles metoder for bruk av modeller i forvaltningen som kan gi besparelser i vedlikeholdsbehovet på ledningsnettet.
- Det trengs en veileder for modellbasert prosjektgjennomføring av VA-anlegg med definerte krav og bruksområder for BIM-modell i prosjektering, utførelse og forvaltning.
- Det vil være fordelaktig å organisere vannforvaltningen på regionalt nivå for å gjøre prosesser og fordeling av kompetanse i regionene mer enhetlig enn det er i dag.

10 Anbefalinger

Ut ifra begrensninger og svakheter ved undersøkelsen i denne masteroppgaven, er det gitt følgende forslag til videre arbeid og undersøkelser:

- Denne undersøkelsen begrenser seg til modellbaserte prosjektgjennomføringer av VA-anlegg i Norge. Derfor vil det også være interessant å undersøke prosesser for tilsvarende prosjektgjennomføringer i flere andre land.
- Ledningsregistreringsforskriften setter rigide innmålingskrav til nye og avdekte anlegg. Hvor gode er egentlig dataene som man får fra ledningseier fra prosjekter som har dokumentert data etter ledningsregistreringsforskriften? Og har ledningseierne prosesser som ivaretar kravene fra denne nye forskriften i dag?
- Blant respondentene fra entreprenørene er det bare undersøkt to relativt store bedrifter. Begge disse viste å være langt fremme når det kommer til modellbaserte prosjektgjennomføringer. Hvordan er kompetansenivå og prosessene hos de mindre entreprenørene? Og er det god nok dekning av lokale entreprenører som er i stand til å gjennomføre modellbaserte prosjekter over hele landet?
- Undersøke hvilke muligheter det er for å kombinere BIM- og GIS-format i VA-forvaltningen med de verktøyene som finnes for dette i dag. Hvilke muligheter gir dette i forvaltningen?

11 Referanser

- [1] Kommunal- og distriktsdepartementet, «Mulighetsstudie for VA sektoren med samfunnsøkonomiske analyser», jan. 2022, Åpnet: mai 17, 2023. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/mulighetsstudie-for-va-sektoren-med-samfunnsokonomiske-analyser/id2898409/>.
- [2] S. Todsén, «Produktivitetsfall i bygg og anlegg», *Statistisk sentralbyrå*, jan. 19, 2018. <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/artikler-og-publikasjoner/produktivitsfall-i-bygg-og-anlegg> (åpnet mai 19, 2023).
- [3] E. Hjelseth og T. Tollnes, *BIM! Program og prosess*. [Norge]: NTNU/ OsloMet, 2022.
- [4] T. Lynneberg, «VA: Jakter på ny standard i BIM - Samferdsel & Infrastruktur», *Samferdsel & Infrastruktur*, apr. 21, 2022. <https://www.samferdselinfra.no/va-jakter-pa-ny-standard-i-bim/> (åpnet feb. 08, 2023).
- [5] FN-sambandet, «FNs bærekraftsmål», jan. 19, 2023. <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal> (åpnet feb. 13, 2023).
- [6] FN-sambandet, «Bærekraftig utvikling», okt. 28, 2021. <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling> (åpnet nov. 28, 2022).
- [7] «Organisering av vannforvaltningen», *Vannportalen*, okt. 14, 2020. <https://www.vannportalen.no/organisering2/organisering-av-vannforvaltningen/> (åpnet mar. 19, 2023).
- [8] «Vannregioner», *Vannportalen*, okt. 14, 2020. <https://www.vannportalen.no/organisering2/regional-vannforvaltning/vannregioner/> (åpnet mar. 19, 2023).
- [9] «Departementene og departementsgruppen for vannforvaltning», *Vannportalen*. <https://www.vannportalen.no/organisering2/nasjonal-vannforvaltning/departementene-og-departementsgruppa/> (åpnet mar. 20, 2023).
- [10] «Direktoratene og direktoratsgruppen for vannforvaltning», *Vannportalen*. <https://www.vannportalen.no/organisering2/nasjonal-vannforvaltning/direktoratene-og-direktoratsgruppen/> (åpnet mar. 20, 2023).
- [11] «Nasjonal referansegruppe for vannforvaltning», *Vannportalen*. <https://www.vannportalen.no/organisering2/nasjonal-vannforvaltning/nasjonal-referansegruppe/> (åpnet mar. 19, 2023).
- [12] «Vannregionmyndigheter », *Vannportalen*, okt. 14, 2020. <https://www.vannportalen.no/organisering2/regional-vannforvaltning/vannregionmyndigheter/> (åpnet apr. 23, 2023).
- [13] «Statsforvalteren», *Vannportalen*, okt. 14, 2020. <https://www.vannportalen.no/organisering2/regional-vannforvaltning/fylkesmannen/> (åpnet apr. 23, 2023).
- [14] H. Ødegaard, *Vann- og avløpsteknikk*, 2. utg. Hamar: Norsk Vann, 2014.
- [15] «Fakta om vannbransjen », *Norsk Vann*. <https://norskvann.no/fakta-om-vannbransjen/> (åpnet mai 20, 2023).
- [16] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, «Veiledning til ledningsregistreringsforskriften», jul. 2021, Åpnet: mai 15, 2023. [Online]. Tilgjengelig på: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/veiledning-til-ledningsregistreringsforskriften/id2865075/>.
- [17] Plan- og bygningsloven, «Lov om planlegging og byggesaksbehandling - Kapittel 2. Krav om kartgrunnlag, stedfestet informasjon mv.», 2021. https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_1-2#§2-3 (åpnet mai 15, 2023).
- [18] Ledningsregistreringsforskriften, «Forskrift om innmåling, dokumentasjon og utlevering av geografisk informasjon om ledninger og annen infrastruktur i grunnen, sjø og vassdrag », 2021. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2020-12-18-2986> (åpnet mai 20, 2023).
- [19] NS-EN ISO 19650-1, *Organisering og digitalisering av informasjon om byggverk, inkludert*

- bygninginformasjonsmodellering (BIM) — Informasjonsforvaltning med BIM — Del 1: Begreper og prinsipper*. Lysaker: Standard Norge, 2018.
- [20] E. Ørstavik og L. Mæhlum, «geografisk informasjonssystem », *Store norske leksikon*, nov. 24, 2022. https://snl.no/geografisk_informasjonssystem_-_GIS (åpnet mai 21, 2023).
- [21] S. U. Halland, «Når BIM møter GIS skjer det noe magisk», *Geodata*, nov. 28, 2019.
- [22] J. Dyver og A. Nilsen, «Vurdering av VA-bransjens mulighet og modenhet for BIM i prosjekteringsfasen for ledningsnett». Norwegian University of Life Sciences, Ås, 2020.
- [23] K. L. Hagen, «Evaluering av prosjektstyringen i vann- og avløpsbransjen ved implementering av MMI». Norwegian University of Life Sciences, Ås, 2021.
- [24] «Om prosjektet E18 Lysaker-Ramstadsletta», *Statens vegvesen*. <https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/europaveg/e18vestkorridoren/lysaker-ramstadsletta/om-prosjektet-e18-lysaker-ramstadsletta/> (åpnet feb. 19, 2023).
- [25] «Anleggsarbeid Strand-Ramstadsletta - entreprise E103 | Statens vegvesen». <https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/europaveg/e18vestkorridoren/lysaker-ramstadsletta/anleggsarbeid-strand-ramstadsletta-e103/> (åpnet mai 15, 2023).
- [26] D. I. Jacobsen, «Hvordan gjennomføre undersøkelser? : innføring i samfunnsvitenskapelig metode». Cappelen Damm akademisk, Oslo, 2022.
- [27] M. Steinsland, R. Edvardsen, J. A. Snekvik, og M. Westergård, «8-2022 - Modellbasert prosjektgjennomføring for utomhus VA-anlegg», *Norsk Vann*. okt. 19, 2021, Åpnet: apr. 20, 2023. [Online]. Tilgjengelig på: <https://va-kompetanse.no/wp-content/uploads/8-2022.pdf>.
- [28] E. Bariås, «Retningslinjer om personopplysninger i studentprosjekter». <https://www.uia.no/forskning/om-forskningen/retningslinjer-om-personopplysninger-i-studentprosjekter> (åpnet mai 03, 2023).
- [29] «Meldeskjema for personopplysninger i forskning», *Sikt*. <https://sikt.no/fylle-ut-meldeskjema-personopplysninger> (åpnet mai 03, 2023).
- [30] E. Bariås, «Retningslinjer for bruk av video til gjennomføring av intervjuer i studentoppgaver». <https://www.uia.no/forskning/om-forskningen/rutinar-for-behandling-av-personopplysningar-i-forskning-og-i-studentoppgaver/retningslinjer-for-bruk-av-video-til-gjennomfoering-av-intervjuer-i-studentoppgaver> (åpnet apr. 30, 2023).
- [31] «Nettskjema - Universitetet i Agder». <https://www.uia.no/bibliotek/forskning-og-publisering2/nettskjema> (åpnet feb. 18, 2023).
- [32] I. Furseth, *Masteroppgaven : hvordan begynne - og fullføre*, 3. utgave. Oslo: Universitetsforlaget, 2020.
- [33] S. E. Skaar, «Bruk av NVivo i arbeid med kvalitative data », *UiA Beta*, des. 20, 2018. <https://beta.uia.no/?p=2585> (åpnet mai 16, 2023).
- [34] S. Øystese, «Personlig kommunikasjon». mai 08, 2023.
- [35] Skanska og Norconsult, «Modellbasert prosjektgjennomføring E103», *Upublisert*. .

12 Vedlegg

VEDLEGG	BESKRIVELSE
1	Intervjuguide
2	Informasjonsskriv
3	Innsendt meldeskjema til Sikt
4	Sikt sin vurdering av behandling av personopplysninger
5	A3-poster

Tabell 12.1: Oversikt over vedlegg.