

Norsk Vann

Rapport



297 | 2025

Modellbasert prosjektgjennomføring for utomhus VA-anlegg



Norsk Vann Rapport

Det utgis tre typer rapporter:

Rapportserie A

Dette er de opprinnelige hovedrapportene.

Dette kan være:

- Rapportering av prosjekter som er gjennomført innenfor organisasjonens eget prosjektsystem
- Rapportering av spleiselagsprosjekter hvor to eller flere andelseiere i Norsk Vann BA samarbeider for å løse felles utfordringer
- Rapportering av prosjekter som er gjennomført av andelseiere eller andre.
Rapporten vil i slike tilfeller kunne være en ren kopi av originalrapporten eller noe bearbeidet

Fortløpende nummer xx-årstall

Rapportserie B

Dette er en serie for «enklere» rapporter, for eksempel forprosjekter, som vil være grunnlag for videre prosjektvirksomhet mm.

Fortløpende nummer Bxx-årstall

Rapportserie C

Dette er rapporter delfinansiert av Norsk Vann, men som er utgitt av andre.

Fortløpende nummer Cxx-årstall



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norsk vann.no
www.norsk vann.no



Prosjekresultatene fra Norsk Vann Rapport (serie A og B) kan fritt benyttes internt i egen organisasjon. Når prosjekresultatene benyttes i skriftlig materiale, må kilde oppgis. Videre salg/ formidling av resultatene utover dette er kun tillatt etter skriftlig avtale med Norsk Vann BA.

Norsk Vanns rapporter utarbeides i samspill mellom rådgiver, styringsgruppe og referansegruppe for prosjektet og er ikke behandlet i Norsk Vanns styrende organer. Norsk Vann har ikke ansvar for feil eller ufullstendigheter som måtte forekomme i rapporten og kan ikke stilles økonomisk eller på annen måte til ansvar for problemer som måtte oppstå som følge av bruk av rapporten.

Norsk Vann Rapport

Ekstrakt

Rapporten gir en kortfattet veiledning i modellbasert prosjektgjennomføring for utomhus vann- og avløpsanlegg. Den viser hvordan digitale modeller kan brukes som hovedkilde til informasjon gjennom hele prosjektets livsløp, og gir tips og råd for innføring, samhandling og kvalitetssikring ved videre utbygging og drift i norsk vannbransje.

Målet er å bidra til økt forståelse og trygghet for bruk av digitale modeller i anleggsprosjekter, og å legge til rette for mer effektive, bærekraftige og fremtidsrettede løsninger i bransjen.

Norsk Vann BA

Adresse: Vangsvegen 143, 2321 Hamar

Telefon: 62 55 30 30

E-post: post@norskvann.no

Internettadresse: norskvann.no

Rapportens tittel

Modellbasert prosjektgjennomføring
for utomhus VA-anlegg.

Forfattere:

Raymond Edvardsen, Sindre Øystese og Marianne Tenold,
Norconsult Norge AS.

Rapportnummer: 297/2025

Rapporten tilhører A serien,

ISSN 1890-8802 (elektronisk utg.)

ISBN 978-82-414-0500-6 (trykt utg.)

Emneord, norsk

Modellbasert prosjektgjennomføring, VA-anlegg, digitalisering, BIM, samhandling, standardisering og datadrevet forvaltning.

Emneord, engelsk

Model-based project execution, water and wastewater, digitalization, BIM, collaboration, standardization, data-driven management.

Forord

Behovet for økt digitalisering og effektivisering i vannbransjen har blitt stadig tydeligere. Mange kommuner og aktører etterspør felles metodikk og tydelige retningslinjer for modellbasert prosjektgjennomføring av utomhus vann- og avløpsanlegg (VA-anlegg). Erfaringer fra andre fagområder, som veg og bane, viser at standardiserte veiledere og digitale arbeidsprosesser fører til bedre samarbeid, høyere kvalitet og mer forutsigbarhet i prosjektene.

Denne veiledningen er laget for å møte behovet for digitalisering i vannbransjen. Målet har vært å samle og konkretisere beste praksis for modellbasert prosjektgjennomføring, og videreformidle kunnskap til både uerfarne og erfarne aktører blant oppdragsgivere, rådgivere, entreprenører og driftsansvarlige. Veiledningen bygger på eksisterende krav, og standarder, samtidig som den ser mot fremtidens muligheter og innovative løsninger.

Arbeidet har vært organisert som et prosjekt i regi av Norsk Vann. Arbeidet er utført av rådgivere i Norconsult Norge AS, ved oppdragsleder Raymond Edvardsen, Sindre Øystese og Marianne Tenold. Prosjektleder i Norsk Vann var Astri Fagerhaug.

Prosjektets styringsgruppe og Raymond Edvardsen var avgjørende for å realisere dette prosjektet, og har bidratt med kompetansedeling, erfaring og konstruktive innspill underveis. Styringsgruppen besto av:

- Martin Stensland, Asker kommune
- Steinar Hagelund, Hias IKS
- Hanna Hugosson, Bergen kommune
- Endre Langeland, VAV, Oslo kommune

Veiledningen har vært på høring i en referansegruppe bestående av representanter med bred erfaring fra kommuner, rådgivere, leverandører og utviklere:

- Mili Myrteza Terstena, Rambøll AS
- Steen Sunesen, buildingSMART Norge
- Bodil Nevjar Martinsen, Bærum kommune
- Roger Nilsen, Sweco AS
- Lars Erik Hårberg, Trondheim kommune
- Øystein Lystad, Asplan Viak AS
- Geir Nordstad Snare, Dobloug Entreprenør
- Karl Magnus Dobloug, Dobloug Entreprenør

Prosjektet har hatt som ambisjon å gjøre det enklere å ta i bruk en felles arbeidsmetodikk for modellbasert gjennomføring av vann- og avløpsprosjekter, en metodikk som kan utvikles videre i takt med bransjens behov. Vi håper at denne veilederen vil bidra til økt forståelse og trygghet for bruk av digitale modeller i vann- og avløpsprosjekter (VA-prosjekter), og at den vil legge til rette for mer effektive, bærekraftige og fremtidsrettede løsninger i hele bransjen.

Vi vil takke alle som har delt sin kunnskap, erfaring og innspill underveis i arbeidet!

Hamar, 01.12.2025

Astri Fagerhaug



Sammendrag

Denne rapporten gir en veiledning i modellbasert prosjektgjennomføring for utomhus VA-anlegg. Bakgrunnen for arbeidet er et økende behov for digitalisering og effektivisering i vannbransjen, samt et ønske om å sikre bedre samhandling, kvalitet og informasjonsflyt gjennom hele prosjektets livsløp. Rapporten er utarbeidet for å støtte kommuner, rådgivere og entreprenører i overgangen fra tradisjonelle, papirbaserte arbeidsprosesser til en mer datadrevet og modellbasert tilnærming.

Rapporten beskriver hvordan digitale modeller kan brukes som hovedkilde til informasjon i planlegging, prosjektering, bygging og forvaltning av VA-anlegg. Den gir en stegvis gjennomgang av prosjektets faser, fra tidlig planlegging og anskaffelse, via prosjektering og bygging, til overlevering og drift. Sentrale temaer er rolle- og ansvarsfordeling, krav til modell og informasjon, bruk av åpne standarder og felles dataområder, samt hvordan man kan sikre kvalitet og gevinstrealisering gjennom hele prosessen.

Veilederen presenterer også praktiske eksempler fra norske kommuner og virksomheter, og gir konkrete anbefalinger for hvordan modellbasert prosjektgjennomføring kan innføres og videreutvikles. Det legges vekt på betydningen av tydelige krav, kompetanseheving, standardisering og kontinuerlig kommunikasjon mellom aktørene. Rapporten inneholder i tillegg en ordliste og henvisninger til relevante rammeverk og standarder.

Målet er å bidra til økt forståelse og trygghet for bruk av digitale modeller i byggeprosjekter innen vannbransjen, og å legge til rette for mer effektive, bærekraftige og fremtidsrettede løsninger i bransjen.

English summary

**This report is published in Norwegian by
Norwegian Water BA (Norsk Vann BA).**

Address: Vangsvegen 143, NO-2321 Hamar, Norway

Phone: + 47 62 55 30 30

E-mail: post@norskvann.no

Website: www.norskvann.no

Report no: 297 - 2025

Report title: Model-based Project Execution for use in Water and Wastewater Projects.

Date of issue: Januar 2026

Author: Raymond Edvardsen, Sindre Øystese og Marianne Tenold.

Summary

This report provides guidance on model-based project execution for outdoor water and wastewater infrastructure. The background for this work is an increasing need for digitalization and efficiency in the water sector, as well as a desire to ensure better collaboration, quality, and information flow throughout the entire project lifecycle. The report is designed to support municipalities, consultants, and contractors in transitioning from traditional, paper-based workflows to a more data-driven and model-based approach.

The report explains how digital models can serve as the primary source of information during planning, design, construction, and management of water and wastewater facilities. It offers a step-by-step overview of the project phases, from early planning and procurement, through design and construction, to handover and operation. Key topics include roles and responsibilities, requirements for models and metadata, use of open standards and common data environments, and how to ensure quality and realize benefits throughout the process.

The guide also presents practical examples from Norwegian municipalities and companies, providing concrete recommendations for introducing and further developing model-based project execution. Emphasis is placed on clear requirements, competence building, standardization, and continuous communication among stakeholders. The report additionally includes a glossary and references to relevant frameworks and standards.

The aim is to increase understanding and confidence in the use of digital models in water and wastewater projects and to facilitate more efficient, sustainable, and future-oriented solutions within the industry.

Innhold

1. Innledning	8	6. Praktiske eksempler til inspirasjon	28
1.1. Hva betyr modellbasert prosjektgjennomføring?	9	6.1. Tydelige rammer med bruk av MMI, og kommunal godkjenning	28
1.2. Hvilke prosjekter egner seg for modellbasert gjennomføring?	9	6.2. Visualisering i planlegging og på byggeplass	29
2. Roller og ansvar	10	6.3. Digital kontroll	30
2.1. Introduksjon av Bjørg, Ivar og Martin	10	6.4. Modellkrav – hvordan stille krav til metadata i modell	30
2.2. Modellrelaterte oppgaver i ulike faser	11	6.5. Praktisk nytte av 3D-modell – erfaringer fra Hias IKS	31
2.3. Er du modellmoden?	12	7. Veien videre – Datadrevet tankesett	33
2.3.1. Forstå modellens funksjon i prosjektet	12	7.1. Gevinstrealisering	34
2.3.2. Samspill mellom mennesker, systemer og prosesser	12	8. Forkortelser, begreper og definisjoner	35
2.3.3. Modenhet i organisasjonen – ikke bare hos enkeltpersoner	12	9. Utvalgte kilder til videre fordypning	36
3. Modellbasert prosjektgjennomføring – steg for steg	14	Tidligere utgitte rapporter	37
3.1. Planlegging og anskaffelse	14		
3.2. Prosjektering	16		
3.3. Byggefase	18		
3.4. Overlevering av sluttdokumentasjon	20		
4. Suksessfaktorer	22		
5. Rammeverk for modellbasert prosjektgjennomføring	24		
5.1. Rammeverk for bestilling	24		
5.2. BIM-gjennomføringsplan (BEP)	25		
5.3. Åpne standarder og formater	25		
5.4. Samhandlingsverktøy og felles dataområde (CDE)	26		

1. Innledning

Vannbransjen står i et digitalt skifte der tradisjonelle og papirbaserte arbeidsprosesser erstattes av digitale samhandlingsbaserte prosesser. Denne rapporten gir en innføring til modellbasert prosjektgjennomføring av utomhus vannforsynings- og avløpsanlegg (VA-anlegg), og viser hvordan arbeidsmetoden kan brukes i planlegging, prosjektering, bygging og forvaltning. Formålet er å bygge bro mellom aktører gjennom felles begrepsforståelse, tydelig rolleavklaring og et felles rammeverk for datadrevet gjennomføring.

Gjennom rapporten følges et VA-prosjekts livsløp – fra de første planene legges og konkurransegrunnlaget utformes, via prosjektering og bygging, til overlevering og drift. Fremstillingen viser hvordan metodikken kan tilpasses ulike roller og faser, og gir et overordnet bilde av hvordan prosessene henger sammen. For å konkretisere metodikken introduseres tre fiktive karakterer – Bjørg Byggherre, Ivar Ingeniør og Martin Maskinfører – som illustrerer hva de ulike aktørene må forstå og bidra med gjennom prosjektet.

Et VA-prosjekt forstås her som et anleggsprosjekt, kommunalt eller privat, med grensesnitt én meter fra byggets veggliv. Det omfatter typisk etablering eller fornyelse av ledningsnett i eller utenfor veg. Prinsippene gjelder også for bygningsmessige anlegg som høydebasseng, renseanlegg og pumpestasjoner.

Innføringen i modellbasert prosjektgjennomføring bygger på erfaringer fra dagens praksis, gjeldende standarder og normer i vannbransjen. Den er tilpasset norske kommunale forhold, der digitale arbeidsmetoder er i utvikling, og forvaltningssystemer, krav og modenhet varierer. Et gjennomgående budskap i denne rapporten er at en modell ikke bare er et visuelt uttrykk, men et sett strukturerte data som skal støtte riktige beslutninger i hver fase. Når kvalitet vurderes ut fra *rett informasjon, til rett tid, til rett aktør* – for beslutning, bestilling og bygging – kan prosjektene gjennomføres med større presisjon, bedre flyt og gi et solid fundament for fremtidig drift.

Målet med rapporten er:

- å gi et felles utgangspunkt for å forstå og ta i bruk modellbasert prosjektgjennomføring for VA-anlegg
- å bygge kompetanse og trygghet på tvers av roller og erfaring
- å gi innblikk i hva som kreves for tydeligere samhandling, høyere kvalitet og lavere risiko
- å øke den digitale forestillingsevnen – en bevisstgjøring omkring dagens data som grunnlag for morgendagens innovasjoner for automasjon, analyse, trening av kunstig intelligens, m.m.
- å fremme et datadrevet tankesett, der kvalitet måles på dataenes innhold og struktur – ikke bare på modellens visuelle uttrykk

Denne rapporten gir deg:

- en prinsipiell oversikt over prosjektets faser sett fra byggherre-, rådgiver- og entreprenørperspektiv
- et utvalg konkrete forutsetninger og suksessfaktorer for å lykkes
- prinsipielle eksempler og anbefalinger for konkurransegrunnlag, modellbruk som kommunikasjonsverktøy og digital samhandling
- innblikk i hvordan strukturerte og korrekte, behovsstyrte data skaper verdi gjennom hele prosjektets og det bygde anleggets levetid – fra prosjektering til drift

1.1. Hva betyr modellbasert prosjektgjennomføring?

Modellbasert prosjektgjennomføring betyr at modellen fungerer som **primær bærer av prosjektinformasjon** gjennom planlegging, prosjektering og bygging. Modellen forstås her som et strukturert datasett som beskriver geometri, egenskaper og relevante beslutningsgrunnlag – ikke bare en visuell 3D-fremstilling.

For å gjennomføre et prosjekt modellbasert må prosjekteier ta stilling til ambisjonsnivå, formål og omfang, og forankre dette tydelig i kontrakten.

Hvor detaljert modellen må være, avhenger av hvilken fase og hvilket formål den skal dekke:

- Planleggingsfase: modellen gir oversikt og beslutningsstøtte. Det er tilstrekkelig med informasjon som viser at behov, forutsetninger og mulige løsninger er forstått.
- Detaljprosjektering: detaljeringsgraden økes for å sikre at anlegget er byggbart, avklare tverrfaglige grensesnitt og gi grunnlag for å hente ut mengder og anslå kostnader. Geometri og egenskaper må være presise og entydige.
- Byggefase: utførende aktører trenger data til stikning, maskinstyring, produksjon og kvalitetssikring. Modellen må være strukturert og entydig slik at informasjon kan brukes direkte i produksjon uten tolkning.

Når informasjonen er strukturert og tilpasset fasen og knyttet til klare formål, kan hver aktør hente ut det de trenger direkte fra modellen. Dette forutsetter et datadrevet tankesett: Hvem trenger informasjon – og når?

1.2. Hvilke prosjekter egner seg for modellbasert gjennomføring?

De fleste VA-prosjekter bruker i dag modeller i en eller annen form, uavhengig av om prosjektet gjennomføres tegningsbasert eller modellbasert. Forskjellen ligger ikke i om en modell eksisterer, men i hvordan modellen brukes som informasjonsbærer, og hvilket detaljeringsnivå og struktur som kreves til formålet.

I prinsippet kan alle prosjekter gjennomføres modellbasert. Det avgjørende er informasjonsbehovet:

- Enkle prosjekter kan kombinere modell med beskrivelser og prinsippskisser.
- Komplekse prosjekter krever høyere detaljeringsgrad og tydelig definerte informasjonsleveranser.
- Dersom forvaltningssystemet (f.eks. kommunens ledningsdatabase) krever fullstendig FDV-informasjon, må dette tas høyde for, fra start.

Manglende avklaring av informasjonsbehov er en vanlig årsak til at modellbasert arbeid stopper opp. Et godt utgangspunkt er derfor å starte med byggherrens og forvalters behov, og definere krav til informasjonsinnhold og leveranser derfra. På denne måten kan modellen utvikles som et helhetlig informasjonsgrunnlag – ikke bare et tegneverktøy.

2. Roller og ansvar

Modellbasert prosjektgjennomføring krever tydelige roller, samspill og forståelse av hva som skal leveres – og hvordan. Når informasjonen ikke lenger bare flyter gjennom tegninger og dokumenter, men også gjennom modeller, må alle involverte aktører forstå sitt ansvar i den digitale verdikjeden.

I byggeprosjekter for VA-anlegg er ofte roller og ansvar godt innarbeidet i tradisjonelle prosesser. I en modellbasert tilnærming stilles det nye krav – til koordinering, informasjonsnivå, leveranseformater og samhandling. Det må derfor være klart hvordan modellene skal produseres, brukes og overleveres i de ulike fasene av prosjektet.

2.1. Introduksjon av Bjørg, Ivar og Martin

La oss bli kjent med tre karakterer som representerer de sentrale aktørene i et kommunalt VA-prosjekt. De forenkler fremstillingen og brukes for å tydeliggjøre grensesnitt og ansvarsområder i en modellbasert prosjektgjennomføring. I praksis vil flere roller inngå, og det finnes både mindre grensesnitt mellom aktører og interne grensesnitt innen hver organisasjon. Flere av disse omtales i de etterfølgende kapitlene.

- **Bjørg Byggherre** arbeider i en kommune. Hun har ansvar for bestilling, oppfølging og overlevering i utbyggingsprosjekter. Hun har god kontroll på eksisterende verktøy og kontrakter, men begrenset erfaring med modellbruk og dataleveranser.
- **Ivar Ingeniør** er rådgiver, og har prosjektert mange VA-anlegg. Han har økende erfaring med modellverktøy, og forstår både tekniske og praktiske krav til hvordan modeller må bygges opp og brukes i prosjekt.
- **Martin Maskinfører** er entreprenør. Han er praktisk anlagt og vant til å bruke maskinstyring, men er avhengig av at modellene faktisk fungerer ute i felt – systemene hans må lese innholdet og ha det innholdet han trenger.

Disse tre skal sammen navigere gjennom et modellbasert VA-prosjekt.



2.2. Modellrelaterte oppgaver i ulike faser

I denne delen av veilederen ser vi nærmere på hvordan byggherre, rådgiver og entreprenør bør samhandle og ta ansvar i et modellbasert prosjekt. Utgangspunktet er en utførelsesentreprise for et kommunalt VA-anlegg, der modellbasert prosjektgjennomføring er valgt. Aktørene forstår både sitt bidrag til modellen og hvilke behov de har, og krav og ansvarfordeling kan derfor organiseres som i tabellen nedenfor. Tydelige krav og avklarte roller gir et mer forutsigbart og effektivt modellbasert prosjektløp.

Oppgaver og ansvarsfordeling vil variere noe med entrepriseform (totalentreprise, delt entreprise, samspill osv.) og prosjektfase (forprosjekt, detaljplan, osv.). Fremstillingen her viser derfor en forenklet, men fleksibel struktur som kan tilpasses ulike gjennomføringsmodeller.

Merk: Tabellen er ikke uttømmende, og prosjekter kan ha andre eller supplerende behov. Det viktigste er å være tydelig på hva som skal leveres og hvorfor, før man spesifiserer hvordan. For eksempel bør Bjørg Byggherres krav i oppstarten være direkte knyttet til behovene i driftsfasen – slik at modellen utvikles med sikte på hele livsløpet, ikke bare prosjekteringen.

MODELLRELATERTE OPPGAVER I ULIKE FASER FOR AKTØRENE			
Fase	Bjørg Byggherre	Ivar Ingeniør	Martin Maskinfører
Anskaffelse og planlegging	- Stiller modellkrav basert på fast leveranseplan (f.eks. format, metadata og detaljeringsnivå) - Vurderer om prosjektet har informasjonsbehov utover fast leveranseplan, og formaliserer disse til konkrete modellkrav - Tilrettelegger for integrasjon med forvaltningssystem	Avhengig av entrepriseformat og fase, bistår med utforming av modellkrav basert på informasjonsbehov, eller svarer ut modellkrav i en BIM-gjennomføringsplan	- Normalt ikke involvert i denne fasen ved utførelsesentrepriser - Kan gi innspill til utførelseskrav og detaljeringsgrad i samspills-/totalentreprise
Prosjektering	- Følger opp modellgjennomgang - Forbereder mottak av modeller for kontroll og godkjenning - Evaluerer modellens egnethet til drift og FDV	- Utarbeider fagmodeller iht. modellkrav - Legger inn egenskapsdata for objekter - Utfører tverrfaglig koordinering og modellkontroll	- Deltar vanligvis først ved produktionsforberedelser - Bidrar ved behov med innspill til modelltilpasning for maskinstyring eller andre utførelsesformål ved tidlig involvering (samspills-/totalentreprise)
Bygging	- Følger fremdrift og endringer via modellgjennomgang - Bruker modell til kontroll og godkjenning av bygget vs. planlagt	- Reviderer modell ved godkjente avvik - Støtter med oppdatert modellinformasjon til felt	- Bruker modellen til maskinstyring og stikking - Dokumenterer feltendringer i tilbakemeldingsgrunnlag til sluttokumentasjon
Overlevering og drift	- Validerer at overlevert modell oppfyller krav - Importerer modell til forvaltningssystem - Sikrer gjenbruk i videre forvaltning	- Kvalitetssikrer modellens struktur og innhold - Leverer som-bygget-modell med oppdaterte metadata	- Leverer modellbasert dokumentasjon fra felt (innmåling, avvik) - Sikrer at feltutførelse gjenspeiles i modellen

2.3. Er du modellmoden?

Mange kommuner, rådgivere og entreprenører har etter hvert lang erfaring med prosjektgjennomføring – men ikke nødvendigvis med modeller. Å være *modellmoden* handler ikke bare om å ha de rette verktøyene eller kompetansen, men også om å forstå rollen til modellen, samspill mellom mennesker, systemer og prosesser, samt modenhet i egen organisasjon.

2.3.1. Forstå modellens funksjon i prosjektet

En modell er ikke bare en 3D-geometri – den består av informasjonsbærende objekter som skal støtte:

- beslutningstaking, dimensjonering, analyser og estimering
- tverrfaglig koordinering
- maskinstyring og stikking
- mål- og mengdeuttak
- dokumentasjon og overlevering
- drift og forvaltning

Modellen bør dermed være den eneste kilden til all prosjektinformasjon, «*en kilde til sannhet*». Å være modellmoden betyr da at du **forstår og tar ansvar for hvordan modellen skal brukes i ditt ledd av prosessen** – at du både kan stille og oppfylle krav til modellens innhold, format og kvalitet, som supplerer og utnytter denne ene kilden til prosjektinformasjon.

2.3.2. Samspill mellom mennesker, systemer og prosesser

Modellen har liten verdi alene – den må også benyttes riktig for å tilføre verdi til et prosjekt. Da er det viktig med riktig kompetanse og arbeidsflyt.

Det betyr:

Aktør	Modellmodenhet innebærer at du kan:
Björg Byggherre (ofte kommune)	▪ forstå hvordan modellene kan erstatte eller supplere tegninger ▪ være tydelig på krav til kontroll, leveranse og ansvar ▪ etterspørre riktig nivå av detaljer og data i modell – noe som med fordel kan kommuniseres gjennom rammeverket for modellmodenhetsindeks (MMI) ▪ forberede for mottak og gjenbruk i forvaltningssystem (f.eks. ledningsdatabasen)
Ivar Ingeniør (rådgiver)	▪ lage fagmodeller som oppfyller krav til innhold, struktur og koordinering ▪ bruke riktige standarder og objektbibliotek ▪ dokumentere modellens status og utvikling gjennom prosjektet ▪ samhandle med byggherre og entreprenør via modellbaserte gjennomganger
Martin Maskinfører (entreprenør)	▪ bruke modell som bestillingsunderlag (leverandørbestillinger) ▪ bruke modellen aktivt i felt (maskinstyring, stikking) ▪ forstå hva som kreves for at modellen skal fungere i praksis ▪ melde tilbake endringer eller avvik i modellgrunnlaget ▪ bidra til digital dokumentasjon av utført arbeid

2.3.3. Modenhet i organisasjonen – ikke bare hos enkeltpersoner

En modellmoden organisasjon:

- har et bevisst forhold til egne krav – inkludert grensesnitt til eksisterende vannstandard/VA-normer
- har systemer og rutiner for å ta imot, validere og bruke modeller
- har tydelig ansvarsdeling for hvem som gjør hva i et modellbasert prosjekt
- har erfaring med, eller vilje til å lære av, modellbaserte prosjekter
- kan benytte et prosjekthotell på en effektiv måte

Det er lov å begynne enkelt – for eksempel ved å stille krav om fagmodell(er) i IFC-format, med definert leveransestruktur og noen sentrale egenskapsdata (f.eks. rørtype, dimensjon, materiale, lengde og høyde). Det viktigste er å **komme i gang, lære og forbedre underveis**. Byggherren setter ambisjonsnivået gjennom kravene i utlysningen.

Sjekk deg selv!

Bruk spørsmålene til å vurdere om du – eller organisasjonen din – er **modellmoden** og har forutsetningene som trengs for å lykkes med modellbasert prosjektgjennomføring:



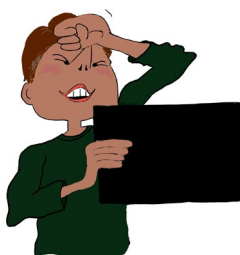
For byggherren

- Har du stilt konkrete krav til modellens innhold og tatt stilling til hvordan den skal brukes?
- Vet du hvordan modellen skal nyttiggjøres etter overlevering av FDV, eller blir den bare «lagt i en skuff»?
- Har du system og kompetanse til å validere og gjenbruke modellen?



For rådgiveren

- Kan du levere modellen inkludert stikningsdata i ønsket format og oppbygning?
- Har du kontroll på modellens koordinater, egenskaper og objekttyper?
- Kan du bruke modellen til tverrfaglig kontroll og arbeidsgrunnlag?



For entreprenøren

Kan du bruke modellen direkte i felt – eller må den tilpasses, hva er viktig?

- Har du rutiner for å melde tilbake avvik og dokumentere utførelse?
- Har du erfaring med maskinstyring eller stikking basert på modell?

3. Modellbasert prosjektgjennomføring

– steg for steg

I kapitlene nedenfor beskrives prosesser for hvordan modellmodne aktører samhandler gjennom et prosjekts faser, fra planlegging til bygging.

3.1. Planlegging og anskaffelse

For å øke sjansene for å lykkes med en modellbasert prosess bør byggherren allerede i planleggingsfasen ha definert et entydig behov for leveransen, slik at tilbydere best mulig kan svare ut oppgaven ved å tilby rett funksjon og ytelse. Bjørg Byggherre bør derfor sørge for at konkurransegrunnlaget stiller klare krav til BIM-modellering og digitale leveranser. Dette gjelder både for anskaffelse av rådgiver for bistand med prosjektering, men også for anskaffelse av entreprenørtjenester til utførelse. Her er det helt klart en fordel å utarbeide leveransemaler som angir entydige krav, da dette kan lette arbeidet på sikt og skaffe oversikt over hva erfaring tilsier har fungert i prosjektene og hva som ikke er kritisk for egen organisasjons drift og forvaltning. Man **må** ikke ha det på plass, før man tar i bruk modellbasert prosjektgjennomføring, men kravene bør eksplisitt dokumenteres, for eksempel i en BIM-gjennomføringsplan (BEP).

I praksis betyr det at Bjørg Byggherre beskriver at prosjektet skal gjennomføres modellbasert, for eksempel ved å kreve at alle prosjekteringsleveranser skjer i form av en 3D-modell beriket med nødvendig data (BIM). Med nødvendige data menes de data som må til i den aktuelle fasen for å kunne fatte beslutninger og iverksette neste fase, være seg geometrisk utstrekning og/eller informasjon om et produkt. Merk at det gjerne er forskjellige detaljeringsbehov i eksempelvis et skisseprosjekt og en byggeplan. Bjørg stiller derfor krav om at all den informasjonen hun behøver til ledningsdatabasen skal være med som egenskaper på objekter, og samtidig er det definert når de ulike egenskapene skal angis korrekt for å gi verdi til den aktuelle fase. Det å kreve data med samme detaljeringsnivå levert i alle faser kan bli svært tid- og kostnadsdrivende, da løsninger ofte endrer seg gjennom et prosjekts livsløp. Eksempelvis kan det være nok med en «trasé» i et skisseprosjekt - for å vurdere fallforhold. Mens det i et detaljprosjekt må vites nøyaktig hvor mange rør, innbyrdes plassering, diameter på rørene, fallforhold, overdekning, styrkeklasser, m.m.



Bjørg Byggherre stiller også krav om at kommunikasjon og utveksling skal foregå via et prosjekthotell. Hun må videre huske på å spesifisere hvilke formater som skal leveres. NB! Lov om offentlige anskaffelser angir at krav om proprietært (programvarespesifikt) format er å regne som konkurransevridende.

I anskaffelsesfasen vurderer Bjørg Byggherre tilbudene, ikke bare på pris, men også på digital kompetanse og erfaring. Bjørg Byggherre vet at det er viktig at rådgivere og entreprenører, i tillegg til fagkompetansen hun etterspør, har erfaring med modellbaserte prosjekter. Derfor ber hun om at tilbyderne beskriver sin erfaring med modellverktøy og f.eks. nevner suksessprosjekter de har gjennomført digitalt. Hun kan også sette krav om nøkkelpersoner, for eksempel at rådgiver skal stille med en digital leder/BIM-koordinator i prosjektgruppen, og at entreprenøren må kunne vise til erfaring med bygging basert på modellen. I tillegg til å stille tydelige krav i konkurransegrunnlaget kan det være nyttig å supplere med muntlig dialog.

I noen tilfeller arrangerer Bjørg Byggherre et avklaringsmøte om forventninger til BIM i forbindelse med at konkurransen lyses ut, særlig når modellbasert prosjektgjennomføring er nytt for kommunen. Hun har med seg lvar og inviterer aktuelle entreprenører – noe som ofte er aktuelt ved tradisjonell utførelsesentreprise – for å presentere kravene muntlig, avklare forventninger og sikre en felles forståelse av prosessen. «*Snakker vi det samme språket, modell-språket?*», spør Bjørg Byggherre.

Hensikten er å skape forutsigbarhet og klarhet i hva som menes med en modellbasert informasjonsflyt, og sikre at alle vet hvordan modellen skal brukes som felles kilde til informasjon gjennom prosjektet.

Ved kontrahering sørger Bjørg Byggherre for at realistiske krav til leveranser i modell utarbeides i tråd med beste praksis, med innspill fra relevante aktører «*fra alle sider av bordet*». I tradisjonelle utførelsesentrepriser innebærer dette vanligvis et samarbeid mellom byggherre og rådgiver, mens entreprenør først bidrar etter kontraktsinngåelse. Avhengig av entrepriseform og prosjektorganisering utarbeides en BIM-gjennomføringsplan (BEP – BIM Execution Plan, se nærmere beskrivelse i kap. 5.2.) tidlig i prosjektet. I noen tilfeller utarbeider rådgiver denne basert på byggherrens krav, mens i andre tilfeller – særlig ved totalentreprise eller samspill – utformes planen i samarbeid mellom byggherre, rådgiver og entreprenør som en del av kontrakten. BEP beskriver hvordan modellen skal brukes, oppdateres og leveres gjennom prosjektets faser.



Når kontrakten inngås, sørger Bjørg Byggherre for at den inneholder nødvendige bestemmelser om modell-leveranser i alle faser. For eksempel skal prosjekteringsgrunnlaget leveres som BIM, byggherren forbeholder seg retten til å delta i modellgjennomgang (erstatte/supplerer prosjekteringsmøter hvor man gjennom å se på modellen kan belyse prinsipper for alle fag som påvirkes av et gitt grensesnitt), entreprenøren skal benytte modellen for utstikking og maskinstyring, og som-bygget-dokumentasjon skal leveres i modellformat. Med tanke på hvilken informasjon Bjørg Byggherre stiller krav om, bør hun også ha dialog internt med eksempelvis driftspersonell, slik at de får fremmet sine behov.

Med slike krav tydeliggjort, legger anskaffelsen grunnlaget for en helhetlig digital arbeidsflyt. Bjørg Byggherre føler seg tryggere på prosjektet når hun har sikret dette rammeverket – hun har «bestilt» et digitalt prosjekt og forventer å høste gevinstene i senere faser. Her er det mulig å velge enkelte elementer i en overgang, til man føler seg tryggere på kravene man stiller for at leveransene skal svare ut behovene. Eksempelvis kan et forprosjekt stille krav om modellbasert gjennomføring, selv om resultatet skal ende i en rapport og en situasjonsplan. Når først modellen foreligger i denne fasen, kan den videreføres og modnes i senere faser. Man slipper da «å finne opp hjulet på nytt».

Oppgaver for Bjørg Byggherre i planleggingsfasen:

- definerer mål for prosjektet, inkludert ønsket nytteverdi av modellbasert prosjektgjennomføring
- utformer kravspesifikasjoner som inkluderer byggherres informasjonskrav til modeller, leveranser og bruk av åpne standarder
- planlegger bruk av felles dataområde (CDE) for effektiv informasjonsdeling og versjonskontroll
- er bevisst valgt kontraktstrategi, og hvordan dette påvirker modellbasert prosjektgjennomføring og samarbeid
- involverer relevante aktører tidlig, inkludert rådgivere og entreprenører, for å sikre felles forståelse og mål
- sikrer kompetanse og kapasitet internt eller via rådgivere for å følge opp modellarbeidet
- vurderer behov for opplæring og endringsledelse for å støtte overgangen til digitale arbeidsmetoder

3.2. Prosjektering

I prosjekteringsfasen tar rådgiveren hovedrollen. Ivar Ingeniør starter med å samle all nødvendig informasjon om eksisterende forhold digitalt. Han bygger opp en grunnlagsmodell av dagens situasjon; terrengmodeller fra landmåling eller laserskanning, ledningsdata fra kommunens GIS-database, andre objekter som veier, bygninger og kabler, reguleringskart, samt andre relevante temakart som hensyns- og faresoner.

Dette utgangspunktet – en slags digital fremstilling av eksisterende situasjon – gjør at han kan se alle eksisterende elementer i 3D. Allerede her merker Bjørg Byggherre en forskjell fra tradisjonelle metoder. For det første, får hun ikke validert tegninger i henhold til tegningskrav i egen norm. For det andre oppdager hun at det å «gå inn i» modellen faktisk gir en intuitiv, økt forståelse av både topografi og eksisterende ledningsnett sammenlignet med å tolke flate kart.

Det å etablere en grunnlagsmodell før prosjektering begynner, er et krav blant annet Statens Vegvesen stiller i sine prosjekter. Det gjør det lettere å avdekke hvilke data som er mangelfulle, før man går for langt i å prosjektere et urealistisk alternativ med den negative konsekvens at man har kastet bort både tid og penger.



Når grunnlagsmodellen er skapt, og mangelfulle data er erstattet og supplert med innmålinger o.l., prosjekterer Ivar Ingeniør det nye VA-anlegget og presenterer det i modellen av eksisterende situasjon. Han legger inn nye ledninger, kummer og grøfter ved hjelp av et prosjekteringsverktøy. Uavhengig av verktøy er poenget at alt modelleres i 3D med geometrisk utforming og metadata, i henhold til krav for den gjeldende fasen man er i. Ivar Ingeniør følger kommunens vannstandard og andre pålagte krav, men i motsetning til koordinering med tegninger, får han nå en umiddelbar visuell tilbakemelding. Hvis f.eks. en planlagt ledning kolliderer med en eksisterende kabel, eller en graveskråning undergraver en eksisterende konstruksjon, vil dette komme frem av modellen som en konflikt. Dermed kan Ivar Ingeniør justere prosjektert løsning tidlig. Denne kontrollen er langt raskere og mer kostnadseffektiv i 3D, enn å skulle oppdage konflikten sent via tegninger eller enda verre, i åpen grøft.

Samhandling underveis i prosjekteringen blir også bedre med BIM, men det forutsetter at alle deltakere fra de respektive aktørene er om bord når det kommer til modell. Det vil være risikabelt for prosjektet om en fagansvarlig har høy fagkunnskap, men liten vilje til å ta i bruk nye metoder, blir satt til å ta fagkontroll. I rådgivers organisasjon er det vel så viktig med kompetanseheving når det kommer til nye arbeidsmetoder og bruk av verktøy.

Ivar Ingeniør deler jevnlig oppdaterte modeller med Bjørg Byggherre, via et felles prosjekthotell med integrert innsynsløsning for modeller. For eksempel bruker de en nettbasert løsning (skytjeneste) der modellen lastes opp så alle parter kan se siste versjon – dette sikrer tilgang til likt underlag for alle parter, uten at avklaringer og gjeldende filer forsvinner i eposter. Bjørg Byggherre kan dermed logge inn og bruke en modellviser for å befare tekniske løsninger digitalt. Hun kan «fly» langs VA-traséene, «dykke» under bakken, og inspisere grensesnitt mot konstruksjoner og hvordan den nye vannledningen slynger seg mellom eksisterende rør og kabler.

Erfaring viser at BIM gir et helt annet beslutningsgrunnlag for byggherre og brukere – man kan se dimensjoner, materialer, sammenhenger, muligheter og konsekvenser direkte og intuitivt i 3D.



I enkelte prosjekter, for eksempel ved totalentreprise eller samspill, kan Martin Maskinfører involveres allerede i prosjekteringsfasen for å gi innspill til byggefasens praktiske løsninger. I tradisjonelle utførelsesentrepriser skjer entreprenørens bidrag normalt først etter kontrahering. Uansett entrepriseform bør detaljeringsnivået for byggeplanen vurderes – hva er et minimum, men tilstrekkelig nivå for anskaffelse av entreprenør, og hvor kan entreprenør faktisk påvirke løsningene etter kontrahering?

Martin Maskinfører kommer med innspill på byggefasens praktiske aspekter – Er det plass til gravemaskinen ved den planlagte traseen? Bør vi justere bend på ledningen for å forenkle sveising? Fordi modeller ofte er intuitive sammenlignet med tegningshefter, kan Martin Maskinfører enkelt se behovet for avklaringer – han forstår hva som planlegges. Dette tverrfaglige samarbeidet hjelper Ivar Ingeniør med å optimalisere designet for byggefasen. Justeringer i den digitale modellen koster som nevnt lite sammenlignet med å måtte endre ting ute i grøfta. Som Statens Vegvesen formidler i sin modellhåndbok: «*Det koster ingenting i en 3D-modell å flytte en ledning 20 cm, mens i den virkelige verden kan det koste dyrt.*» Å bygge prosjektet digitalt først, gjør at man finner gode løsninger og luker bort feil **før** utførelse.

Når prosjekteringen nærmer seg slutten, har Ivar Ingeniør utviklet en modell for det nye anlegget som skal bygges. Krav til geometri og informasjon er ivarettatt for alle parter behov i de respektive fasene i prosjektet. Alle objekter (rør, kummer osv.) er beriket med tilhørende metadata i modellen – for eksempel: materiale, dimensjon, trykkklasse, spesifikke krav til ventiler osv. Dette er viktig for Bjørg Byggherre, fordi hun ønsker å sikre at prosjekterte løsninger samsvarer med kommunens krav, sammen med god dokumentasjon for fremtidig drift. Ivar Ingeniør leverer også ut mengdeberegning/stykkliste for aktuelle objekter. Direkte fra modellen kan han hente ut teoretisk volum av grøftetraseer, rørlengder, spesifikke rørdeler, antall kummer, etc. Dette er tidsbesparende og mer nøyaktig enn manuell opptelling fra tegninger. Dette er også viktig for Martin Maskinfører, med tanke på hva han skal bestille og bygge.

Ivar Ingeniør kan også ta uttrekk fra modellen for å lage tradisjonelle tegninger der det trengs – for eksempel en oversiktsplan eller lengdeprofiler. Informasjon fra tegninger kommer nå i andre rekke. Tegninger skapes automatisk fra modellen – hovedkilden til informasjon for leveransen. Merk at ikke alle tegninger kan skapes automatisk fra modell. Manuelt produserte tegninger er ofte tidkrevende, og har økt risiko for menneskelig feil. Det å be om både tegninger og modeller er derfor ikke nødvendigvis en god idé, da dette kan medføre overlapp mellom produksjon av modell og tegninger, og dermed en kraftig økning i tidsbruk og risiko for uoverensstemmelser. Om Bjørg Byggherre er komfortabel med å bruke modellen alene, til kommunal godkjenning, kan Martin Maskinfører selv ta ansvar for å få laget tegninger dersom han har behov for det – både praktisk og økonomisk.

I en overgangsfase kan Bjørg Byggherre ha nytte av noen tegninger som kontroll. Hun merker likevel at antallet tegninger er dramatisk redusert sammenlignet med gamle prosjekter; det meste av informasjonen «*lever*» nå kun i modellen. Ivar Ingeniør har gjort en grundig kvalitetssikring av modellen, inkludert kollisjonskontroll og sjekk mot krav. Før bygging har Bjørg Byggherre formelt godkjent at modellen representerer det som skal bygges. Dermed kan prosjektet gå over i byggefasen med et entydig og kontrollert utgangspunkt.

NB! Etablering av vann- og avløpsanlegg er søknadspliktig iht. plan- og bygningsloven § 20-1, med unntak for noen mindre tiltak.

Ved søknadspliktig tiltak vil det være behov for noe tegningsproduksjon, eksempelvis i form av enkle situasjonsplaner og enkelte snitt, en stund til fremover. Det forekommer prosjekter der man helt dropper tegninger, inkl. som underlag til byggesak, men dette er foreløpig kun for bygg og eiendom. På sikt vil søknadspliktige tiltak for VA-anlegg også kunne håndteres modellbasert. Forhåpentligvis ligger ikke vannbransjen så langt etter når denne rapporten tas i bruk.

Det finnes eksempler på helt tegningsløse prosjekter for VA-anlegg i dag, men disse er ikke søknadspliktige, se eksempel i kap. 6.1. – *Tydelig rammer med bruk av MMI, og kommunal godkjenning.*

Oppgaver for Ivar Ingeniør i prosjekteringsfasen:

- etablerer og forvalter grunnlagsmodellen, inkludert innhenting og strukturering av eksisterende data
- koordinerer fagmodeller og sikrer at de er i henhold til byggherres krav, forankret i en BIM-gjennomføringsplan
- utfører modellkontroll og kvalitetssikring, inkludert kollisjonskontroll og validering av geometri og metadata
- sørger for riktig detaljnivå (MMI) i modellene tilpasset prosjektets fase og behov
- dokumenterer beslutninger og endringer i modellen for sporbarhet og transparens
- samarbeider tett med byggherre og entreprenør for å sikre felles forståelse og effektiv informasjonsflyt
- bruker åpne standarder (som IFC og GML) for å sikre interoperabilitet og gjenbruk av data
- tilrettelegger for maskinstyring og mengdeuttak direkte fra modellen

3.3. Byggefase

I byggefasen tar entreprenøren over stafettpinnen, og modellen blir et sentralt verktøy ute på anlegget. Modellen kan benyttes til bestilling av materiell, og som underlag for bygging.

For å bestille nødvendige produkter kan Martin Maskinfører supplere beskrivelsen med uttrekk av informasjon fra modellen, som for eksempel stykklistor for vannkummer. Det som tidligere utgjorde kumskisser, er nå detaljerte modeller av hver enkelt kum. Kum-modellene viser, i tillegg til den informasjonen som tidligere kom frem på kumskisser, andre detaljer som; oppbygning av kumelementer, hvilken vei en dobbelalbue er rotert, eller hvor på kumveggen en kjerneboring for en mindre stikkledning skal etableres. Martin Maskinfører filtrerer ut ønskede objekter, for en skreddersydd stykkeliste/bestilling til leverandør.

Noen leverandører og produsenter kan motta detaljmodeller av kummer direkte, og selv hente ut av modellen hvilke deler som må produseres og/eller leveres. Noen oppgir også å kunne levere som-bygget-modeller av leverte kummer, hvor produktspesifikk dokumentasjon er knyttet til objektene. Det er noe strekk i feltet på dette området, men etter hvert som digitaliseringsomstillingen får økt grep på bransjen, vil nok prosesser i grensesnitt mellom entreprenør og produsent/leverandør også se løst.

Når Martin Maskinfører har kontroll på sine bestillinger, laster han modellen inn i maskinstyringssystemene sine. Gravemaskinen han opererer er utstyrt med GPS og en skjerm i førerhuset. På skjermen ser Martin Maskinfører prosjektets terrengmodell og ledningstrase i 3D.

Modellen guider maskinen – høyder og plassering er nøyaktig definert digitalt, slik at maskinstyringssystemet kan fortelle ham hvor dypt han skal grave og i hvilken retning, uten at en landmåler må sette ut stikk for hver meter. For Martin Maskinfører føles det nesten som å «kjøre etter GPS», der modellens koordinater fungerer som veiviser for gravingen. Dette øker presisjonen og effektiviteten betraktelig.

Ivar Ingeniør følger fortsatt opp som støtte. Dersom det oppstår uforutsette forhold – for eksempel fjell i dagen eller gammel infrastruktur – finner Martin og Ivar løsningen sammen. Endringer kan gjøres direkte i modellen: Ivar oppdaterer kum plassering eller ledningsdybde og deler den nye versjonen via det digitale prosjekthotellet. Martin laster deretter ned oppdatert modell til maskinen. Denne digitale dataflyten mellom prosjektering og utførelse, basert på versjonskontroll fremfor nye filer og tegninger, reduserer feil og eliminerer papirkaos. Alle endringer loggføres automatisk og kan spores i modellens historikk.

Björg Byggherre holdes oppdatert gjennom jevnlige byggemøter, der modellen brukes til å vise status for prosjektering/utførelse. Her er det viktig at byggherrens byggeleder også er innforstått med valg av modellbasert prosjektgjennomføring. Om et modellbasert prosjekt har kommet helt til utførelse uten tegninger, er det synd om enkeltpersoner i denne fasen, grunnet gammel vane, «stikker kjepper i hjulene» ved å benytte sin autoritet til å kreve tegning som erstatning til modell.

I modelloppfølging i forbindelse med bygging, er det enkelt å skille ut nøyaktig de objektene som er revidert fra gang til gang. Det kan gjøres med tydelige filtre, eksempelvis med fargelegging, ved behov. Noen prosjekt legger også inn fremdrift i modellen (4D), slik at man kan simulere byggeprosessen over tid. Dette gir bedre fremdriftsplanlegging og kontroll på rekkefølge underveis i byggingen. Dette er spesielt nyttig for kontroll av midlertidig anlegg, rivefaser og lignende. HMS/SHA er også mulig å innarbeide i modell, som gir enklere forståelse av hva som må ivaretas på byggeplass.

For håndverkerne på anleggsplassen er det selvsagt en overgang, fra papirtegninger til digitale modeller. Der hvor rørleggeren tidligere hadde en skisse «på baklomma», har de i stedet med seg nettbrett, eller en BIM-kiosk tilgjengelig på anlegget. Når rørleggeren skal plassere en kum, kan man med det digitale underlaget rotere og zoome på modellen for å se nøyaktig hvordan kummen skal stå og hvor innløp/utløp kommer, samt om det er andre hensyn i bakken som må ivaretas. Mange entreprenører bruker også verktøy som «*augmented reality*» (AR) på nettbrettet – ved å holde opp nettbrettet ser man en virtuell visning av den prosjekterte VA-modellen plassert i virkeligheten, slik anlegget vil se ut når det er ferdigbygget. Slik teknologi er under utvikling flere steder, og i komplekse situasjoner kan det være til stor hjelp for å forstå hva som skal bygges.



Det viktigste verktøyet er likevel maskinstyringen og stikningsdata fra modellen. Landmålerne på prosjektet bruker totalstasjon/GNSS som kan lese modellkoordinatene direkte for kvalitetskontroll. De kan kontrollmåle at den faktisk utgravde grøfta stemmer med modellens linjer.

Bjørge Byggherre følger nøye med på kvaliteten i byggefasen. Hun har stilt krav om modellbasert kontroll og godkjenning. I praksis betyr det at hun, i stedet for å motta røde pennestrøk på papirtegninger «som bygget», får digital som-bygget-dokumentasjon. Martin Maskinfører og teamet hans dokumenterer det de bygger ved å måle inn det ferdige anlegget med GPS og oppdaterer modellen fortløpende. For eksempel etter at en ny vannkum er montert, tar de innmålinger av faktisk plassering/høyde og justerer kumobjektet i modellen til «som bygget»-posisjon. Ivar Ingeniør kan bistå med å samle og legge inn disse endringene inn i hovedmodellen. Underveis gjennomfører de digitale stikkprøver: Bjørge Byggherre ber om å se i modellen at alle avløpsrør faktisk har riktig fall og at kumavstander stemmer. Fordi alt er georeferert, kan dette gjøres ved å sammenligne måledata med prosjektert modell. Avvik blir tydelige, og man kan rette opp før det er for sent eller et større problem.

Kommunikasjonen på byggeplassen forenkles også når alle «*snakker modell*». I stedet for å tolke ulike fagtegninger, peker anleggsfolkene på samme 3D-visning. Martin Maskinfører forteller at konflikter mellom fag (f.eks. VA-anlegg, og elektriske anlegg) som før kunne skape frustrasjon på plassen, nå er løst digitalt på forhånd, og byggeprosessen blir bedre. Dette gir færre endringsordrer og tilleggskostnader under bygging, fordi det aller meste var planlagt riktig i modellen. For Bjørge Byggherre, og Martin Maskinfører, betyr det forhåpentligvis bedre kontroll på budsjett og tidsplan – færre overraskelser dukker opp. Økt verdiskapning!

Oppgaver for Martin Maskinfører i byggefase:

- benytter digitale verktøy og feltløsninger for å få tilgang til oppdatert informasjon i sanntid
- benytter BIM-modellen aktivt i felt, både for å forstå prosjektet og for å utføre arbeidet nøyaktig
- samarbeider med rådgiver og byggherre for å avklare spørsmål og sikre kvalitet i utførelsen
- benytter maskinstyring basert på modellen, for presis graving og legging av ledninger
- sikrer at utførelsen følger modellens spesifikasjoner, inkludert høyder, plassering og dimensjoner
- bidrar til oppdatering av modellen med faktisk utførte arbeider (som bygget)
- dokumentere avvik og endringer direkte i modellen eller via tilknyttede systemer

3.4. Overlevering av sluttokumentasjon

Ved avslutning av prosjektet skal anlegget overleveres til kommunen (ledningseier). Dette innebærer blant annet at det overleveres underlag til kommunens ledningsdatabase. I et modellbasert prosjekt vil det sammen med FDV-dokumentasjonen overleveres en ajourført, digital modell av anlegget slik det faktisk er bygget. Om Bjørg Byggherre har husket å ivareta behovene til driftspersonell, kan modellen i tillegg være supplert med faktisk produktinformasjon. Dette gir byggherren et verdifullt grunnlag for videre drift og vedlikehold, om byggherre har et driftssystem som kan nyttiggjøre modellene også etter at anlegget er utført.

Overleveringsprosessen starter med at Martin Maskinfører og Ivar Ingeniør gjennomfører kontroll av modellen - at den har den informasjonen som er påkrevd, og at det ikke foreligger avvik mellom den prosjekterte modellen og måledata fra byggefasen som ikke er godkjent. Martin Maskinfører har knyttet georefererte anleggsbilder til modellen, noe som forenkler forståelsen av utførte løsninger, ved kontrollgjennomgang i modell. Ivar Ingeniør foretar en siste teknisk kvalitetssikring og påser ev. at gjenstående nødvendig metadata og/eller dokumentasjon er påført modellen.

Overtakelsen gjennomføres blant annet med hjelp av digital modellvisning, der Bjørg Byggherre og representanter fra driftsavdelingen deltar i gjennomgangen. Sammen med Ivar Ingeniør og Martin Maskinfører gjennomgår de modellen og eventuelle anleggsbilder for å verifisere at leveransen er komplett og i henhold til kravspesifikasjon. Dette erstatter eller supplerer tradisjonelle papirdokumenter og forenkler verifikasjonen. Når modellen er gjennomgått og utførelse er godkjent, arkiveres modellen i byggherrens system for «som-bygget»-data, og gjøres tilgjengelig for fremtidige prosjekter eller inngrep i området.



Når modellen oppfyller Bjørg Byggherres krav og informasjonsbehov, kan modellen fungere som et komplett underlag til kommunens driftssystem, ledningsdatabasen.

Forskjellen fra tidligere er at man nå også har tilgang til 3D-modeller som inneholder romlig informasjon som tidligere ikke var digitalt tilgjengelig på samme måte - for eksempel størrelse og plassering av forankringer, utforming av konstruksjoner og spesialkummer. Og siden modellen gjenspeiler det som faktisk er bygget, reduseres risikoen for konflikter ved fremtidige inngrep i området. En godt strukturert modell legger til rette for effektiv gjenbruk, både i planlegging og beredskap.

Som nevnt i kap. 2.2., er det viktig at Bjørg Byggherre har definert hvilke metadata som skal inngå i leveransen, slik at nødvendig informasjon for drift og vedlikehold blir ivaretatt. Dersom kommunen ikke har systemer for å videreføre modeller til drift og forvaltning, kan informasjonen likevel hentes ut og brukes i ledningsdatabasen på tradisjonelt vis. Dette er i så fall en datateknisk problemstilling, ikke begrenset av modellen.

Modell til FDV – før, under og etter overlevering:

Martin Maskinfører

- kontrollerer at modellen inneholder påkrevd informasjon
- sikrer at det ikke finnes uaksepterte avvik mellom prosjektert modell og måledata
- knytter georefererte anleggsbilder til modellen for å dokumentere utførelse
- deltar i digital modellgjennomgang ved overtakelse

Ivar Ingeniør

- gjennomfører teknisk kvalitetssikring av modellen før overlevering
- sikrer at modellen er komplett og i henhold til kravspesifikasjon før arkivering
- påfører eventuell manglende metadata og dokumentasjon i modellen
- deltar i digital modellgjennomgang sammen med byggherre og entreprenør

Björg Byggherre

- deltar i digital modellgjennomgang sammen med driftsavdeling, Ivar Ingeniør og Martin Maskinfører
- verifiserer at leveransen er komplett og i tråd med kravspesifikasjonen
- arkiverer den godkjente modellen som «som-bygget»-data i egne systemer
- deler modellen til nye anleggsprosjekter

4. Suksessfaktorer

Overgangen fra tradisjonell, tegningsbasert prosjektgjennomføring til en modellbasert tilnærming krever mer enn bare nye verktøy – det krever også endringer i kultur, kompetanse og prosesser. Gjennom erfaring og beste praksis ser man en del suksessfaktorer som går igjen i prosjekter som lykkes godt. Nedenfor er listet opp sentrale faktorer som Bjørg Byggherre, Ivar Ingeniør, Martin Maskinfører og deres organisasjoner bør sette søkelys på for å få fullt utbytte av modellbasert prosjektgjennomføring:

- **Strategi, ledelse og kultur:** For at nye digitale arbeidsmetoder skal fungere, må ledelsen hos alle involverte aktører støtte opp om endringene. Forankring hos ledelse gir trygghet nedover i organisasjonene, når man skal jobbe på nye måter. Denne støtten er viktig for å kunne ta seg tid til opplæring og å investere i utstyr.

Forankre bruken av digitale prosesser hos ledelsen og bygg en kultur for innovasjon og læring. Det bidrar til at man tåler feil og lærer underveis – del erfaringene med resten av organisasjonen.

- **Tydelige mål og krav fra start:** En av de viktigste suksessfaktorene for å lykkes med modellbasert prosjektgjennomføring er tydelige krav og mål, allerede i planleggingen og ved anskaffelse. Det er viktig å forstå hva man må ha, hva man ønsker å ha, og hva som er mulig – sistnevnte er ofte svært kostnadsdrivende om det blir krevd løst sent i prosjektet. Man bør heller ikke kreve all informasjon i alle faser, da behovene endrer seg underveis. Å kreve «alt», til enhver tid, vil føre til unødvendig merarbeid og økt risiko for feil, da noen prosesser fremdeles er manuelle og repetitive. Derfor bør kravene være presise: Hva skal leveres som BIM, hvilke standarder/maler gjelder, og hvordan skal modellen brukes i hver fase? Når dette er tydelig beskrevet i kontrakten og tilhørende styrende dokumenter, samt forstått av alle parter, unngår man misforståelser.

Ikke vær uklar med den digitale ambisjonen! Da ender ofte prosjektene opp som før – uten å dra nytte av modellen. POFIN-rammeverket gir god veiledning for å bestille modellbasert arbeid.

- **Kompetanse og opplæring:** Digitale verktøy og nye arbeidsmetoder kan være uvante i starten. Det er derfor viktig å styrke kompetansen hos alle som deltar i prosjektet.
- Dette kan innebære kurs i BIM-verktøy, opplæring i bruk av GPS og digitale modeller på byggeplass, og generell kompetanse på bruk av innsynsløsninger og felles dataplattformer for å lese og forstå modellen. Noen aktører har startet i det små, med pilotprosjekter for å bygge intern kompetanse. Andre har måtte hoppe i det i store samferdselsprosjekter. Begge deler kan fungere godt.
- Det er også nyttig å utveksle erfaringer – for eksempel ved å besøke prosjekter som har lyktes, eller delta på kurs og konferanser.

Jo tryggere folk blir på digitale verktøy, desto mer naturlig blir det å bruke dem i hverdagen.

- **God planlegging og realistiske tidsrammer:** Selv om digitale prosjekter ofte sparer tid totalt sett, må man sette av nok tid tidlig i prosjektet. Viktige oppgaver som modellering, samarbeid og kvalitetskontroll krever tid. Det trengs tid til å lage en god grunnlagsmodell tidlig i prosjekteringen, og det bør planlegges med milepæler for modellgjennomgang underveis. Tidsplanen må også ta høyde for nye aktiviteter som BIM-møter og digital koordinering.

Hvis teamet er uerfarent med BIM, bør man legge inn litt ekstra tid i starten – det gir stor gevinst senere i prosjektet.

- **Tidlig involvering og samarbeid:** Prosjekter der byggherre, rådgiver og entreprenør samarbeider tidlig, har store fordeler. Byggherrer bør vurdere gjennomføringsmodeller som fremmer samarbeid – som samspill-sentreprise eller totalentreprise med dialog – slik at modellutveksling kan starte tidlig. Uansett entrepriseform bør driftspersonell også involveres i designfasen, slik at modellen også tar hensyn til drift. Rådgivere kan bruke entreprenørens praktiske erfaring i prosjekteringen, og entreprenøren kan på sin side planlegge utførelsen i detalj ved hjelp av den detaljrike modellen.

Involver aktører tidlig og benytt modellen til å belyse hverandres problemstillinger og løsninger. Når alle ser på modellen sammen, skapes en felles forståelse som forebygger konflikter. Det er mye enklere å samarbeide med én felles modell, enn med bunker av tegninger.

- **Standarder, struktur og kvalitetssikring:** En modell blir virkelig nyttig når den er godt strukturert og har høy kvalitet. Derfor er standardisering viktig. Det kan være å følge en omforent BIM-manual i prosjektet, med regler for navn, metadata og objekttyper – eller bruke bransjestandarder som ISO 19650 for informasjonsåndtering. En omforent struktur legger til rette for at både manuell og automatisk kvalitetssikring av modellen kan etableres og benyttes effektivt. Når alle følger samme standarder, blir det lettere å bruke modellen riktig og unngå avvikende informasjon. Den tid det ikke finnes felles bransjestandard for bruk av modell i vannbransjen, bør spesielt byggherrer i mellomtiden lage egne «mini-standarder» med gjenkjennelig struktur som ivaretar organisasjonens informasjonsbehov – da blir det enklere og billigere å utveksle data mellom aktører, når krav er gjenkjennbare over tid på tvers av prosjekter. Kravene bør fortrinnsvis ligge så nært opp til aktuelle normer som mulig, da dette trolig vil medføre minst omstilling ved en ev. overgang til bransjestandard.

Byggherrer bør utvikle og vedlikeholde egne BIM-krav, for eksempel for navngivning, modellstruktur, koordinatsystem og metadata. Standardisering er nøkkelen til automatisering, effektivitet og god kvalitetssikring.

- **Kontinuerlig kommunikasjon og oppfølging:** En god modell har liten verdi hvis den ikke brukes aktivt. Det bør fremmes en kultur hvor modellen tas opp i hvert møte – for eksempel ved å starte prosjekterings- og byggemøter med å vise status i 3D, i stedet for å lese lange referater. Foreløpige modeller bør også deles tidlig. Ikke ha «deleangst» og vent til alt er «ferdig». Gi hverandre muligheten til å korrigere underveis. Aktørene må si ifra hvis noe i modellen er uklart eller ikke lar seg bygge – det er bedre å gi tilbakemelding tidlig, og løse et problem digitalt, enn å løse det i felt. Dette krever tillit mellom partene. Kommuniser direkte i modellen, med tildeling av oppgaver knyttet til ståsteder eller objekter i modellen. På den måten får man en intuitiv forståelse av hva som må gjøres, i tillegg til sporbarhet for det som rettes.

Regelmessige BIM-møter der man går gjennom oppdateringer og endringer, og diskuterer direkte i modellen, er en nøkkel til å holde alle informerte og samkjørte.

- **Bruk av erfaringer og evaluering:** Når prosjektet er ferdig, bør byggherre, rådgiver og entreprenør ta en felles gjennomgang av erfaringene. Hva fungerte godt med den modellbaserte arbeidsflyten? Hva kunne vært gjort annerledes? Denne lærdommen bør dokumenteres og deles. Kanskje fant man ut at et program ikke fungerte som ønsket, eller at en bestemt prosess sparte mye tid. Slike erfaringer er verdifulle for fremtidige prosjekter.

Med evaluering av prosjekter og dokumentering av funn, vil man over tid bygge opp en samling av beste praksis – som gir bedre kvalitet, lavere kostnader og tryggere gjennomføring.

En oppsummering av suksessoppskriften: **Sterk bestillerkompetanse, god kompetanse og kultur i teamet, klare spilleregler, og tett samarbeid.** Får man disse bitene på plass, ligger det til rette for å høste gevinstene – redusert tidsbruk, høyere kvalitet, tryggere gjennomføring, mindre feil og lavere total kostnader. Tidlig involvering av entreprenør gir også entreprenøren større eierskap til endelig løsning og øker deres verdiskapning, noe som erfaringsmessig reduserer konfliktnivået og andel endringsmeldinger. Som Bjørg Byggherre, Ivar Ingeniør og Martin Maskinfører nå har erfart: Det handler ikke bare om en ny programvare, men om en ny måte å jobbe sammen på.



5. Rammeverk for modellbasert prosjektgjennomføring

For at modellbaserte prosesser skal fungere sømløst gjennom hele prosjektet, må data kunne deles, gjenbrukes og tolkes likt – uavhengig av programvare og aktør. Dette kapitlet gir deg kort innsikt i hvordan åpne standarder, tydelige formater og felles digitale plattformer legger grunnlaget for effektiv samhandling og høy datakvalitet.

5.1. Rammeverk for bestilling

POFIN (Prosjekt og Forvaltning i Norge) er et nasjonalt ÅpenBIM-rammeverk utviklet av BuildingSMART Norge. Rammeverket er bygget på prinsippene i ISO 19650-serien og gir et felles utgangspunkt for hvordan byggherrer, rådgivere og entreprenører kan stille og besvare krav til digital informasjonsflyt i prosjekter.

Målet med POFIN er å skape likere forutsetninger og et felles stammespråk på tvers av aktører, slik at begreper som EIR, BEP og informasjonsleveranser forstås og brukes på samme måte uavhengig av organisasjon. Dette bidrar til bedre forventningsavklaringer, høyere bestillerkompetanse og mer forutsigbare leveranser.

Hvordan POFIN er bygd opp

POFIN består av et sett med tekstdokumenter og maler som dekker hele prosessen fra bestilling til gjennomføring og overlevering. Rammeverket inneholder:

- definerte krav til informasjonsutveksling (EIR)
- mal for BIM-gjennomføringsplan (BEP)
- veiledninger og støttedokumenter for roller, prosesser og informasjonsleveranser

Brukeren kan ta i bruk hele eller deler av rammeverket, avhengig av prosjektets behov og modenhet.

EIR og BEP – kjerneelementene i POFIN

To sentrale begreper i POFIN er hentet fra ISO 19650:

- EIR (Exchange Information Requirements) – byggherrens «bestilling» av digital informasjon. Dette er en konkret beskrivelse av hvilke modeller, formater og data som skal leveres, og på hvilket tidspunkt.
- BEP (BIM Execution Plan) – rådgiverens eller leverandørens «svar» på bestillingen, hvor de beskriver hvordan kravene skal oppfylles i praksis.

Enkelt sagt:

- EIR = byggherrens spørsmål og krav
- BEP = rådgiverens svar og plan

Bruk av POFIN i praksis

I POFINs malverk defineres krav til informasjonsutveksling (EIR). Disse representerer byggherrens forventninger til prosjektets informasjonsflyt. Byggherren kan enten bruke de generiske EIR-ene slik de er formulert i POFIN, eller tilpasse dem til egne behov og systemer.

Rådgiver eller leverandør svarer på disse kravene i BEP-malen, der:

- **Informasjonsleveranser** brukes til å beskrive hvordan EIR-ene skal besvares, herunder leveranseplaner, formater og standarder (for eksempel IFC, SOSI osv.), samt hvordan informasjonen understøtter byggherrens krav til FDV.
- **Arbeidsprosesser og organisering** brukes til å beskrive roller, ansvar, samhandling og kvalitetssikring, altså hvordan organisasjonen rigges for å møte byggherrens krav.

Denne strukturen gjør at byggherre kan sammenligne tilbud og tilnærminger på en enhetlig måte, samtidig som leverandørene får et tydelig rammeverk å svare innenfor.

Gevinstene ved bruk av POFIN

- Sammenlignbarhet på tvers av prosjekter og tilbydere – når alle svarer på samme EIR-struktur, blir vurderingen mer objektiv.
- Kvalitet i kravstillingen – byggherren får tydelige og konsistente krav i tråd med nasjonale prinsipper for ÅpenBIM.
- Felles språk og forventningsavklaring – POFIN gir bedre forståelse mellom byggherre, rådgiver og entreprenør.
- Markedsmodning – leverandørene oppfordres til å beskrive og dokumentere sin tilnærming til modellbasert prosjektgjennomføring.
- Læring og forutsigbarhet – ved konsekvent bruk av EIR og BEP bygges erfaring og kompetanse over tid, både hos bestiller og leverandør.

5.2. BIM-gjennomføringsplan (BEP)

En BIM-gjennomføringsplan (BEP – BIM Execution Plan) er dokumentet som beskriver hvordan modellbasert prosjektgjennomføring skal gjennomføres i praksis. Mens byggherrens EIR (Exchange Information Requirements) beskriver hva som skal leveres, er BEP rådgiverens eller leverandørens plan for hvordan dette skal oppnås.

Formålet med BEP er å skape en felles forståelse mellom aktørene om hvordan modellering, informasjonsflyt, kvalitetssikring og samhandling skal løses i prosjektet. Planen bør være konkret og tilpasset prosjektets størrelse og kompleksitet, men samtidig følge en struktur som gjør den gjenkjennbar på tvers av prosjekter.

I POFIN-rammeverket er det utviklet en standard mal for BEP som kan brukes som utgangspunkt.

En godt utformet BEP bidrar til:

- tydelige forventninger mellom byggherre, rådgiver og entreprenør
- sammenlignbare tilbud ved anskaffelse av rådgivere eller entreprenører
- forutsigbarhet i leveransene og færre avklaringer underveis
- grunnlag for digital kvalitetssikring og videre bruk av data i drift og vedlikehold

For VA-prosjekter har BEP-en særlig verdi fordi den samler fagene om felles modellstruktur. Dette sikrer at data fra prosjektering kan brukes videre i både bygging, innmåling og forvaltning, og at informasjon om ledninger, kummer og installasjoner kan flyte sømløst mellom prosjekteringsverktøy, GIS og driftsløsninger.

Oppfølging av BEP gjennom prosjektet

BEP-en bør betraktes som et levende dokument som oppdateres ved behov. Endringer i prosjektets organisering, fremdrift eller krav til informasjonsleveranser bør reflekteres i planen. Byggherre bør jevnlig følge opp at arbeidet faktisk gjennomføres i tråd med BEP, og at avvik dokumenteres og håndteres. Dette gir trygghet for at prosjektets digitale leveranser holder nødvendig kvalitet, og at de kan brukes videre i drift og forvaltning.

5.3. Åpne standarder og formater

Åpne standarder er sentrale for å sikre at data kan utveksles og gjenbrukes uavhengig av hvilken programvare som benyttes. Dette reduserer risikoen for at informasjon «låses» til et bestemt leverandørformat, og legger til rette for smidig dataflyt mellom prosjekteringsverktøy, samhandlingsplattformer og forvaltningssystemer.

I bygg-, anlegg- og eiendomssektoren omtales dette ofte som ÅpenBIM (OpenBIM) – en felles metodikk og filosofi for digital samhandling basert på åpne standarder og formater. ÅpenBIM handler ikke bare om filformater, men om hvordan data struktureres, utveksles og forstås på tvers av fag og verktøy.

Innen modellbasert prosjektering er IFC (Industry Foundation Classes) en internasjonal standard for utveksling av BIM-modeller. Formatet har tradisjonelt vært mest brukt for bygninger, men med nyere versjoner – fra IFC 4.3 – utvides støtten til infrastrukturprosjekter som veg, bane og VA. Innen geodata og innmåling er GML og SOSI eksempler på åpne formater som brukes for å sikre kompatibilitet med kommunale og nasjonale databaser.

Bruk av åpne formater gjør at prosjekterte objekter kan gis entydige definisjoner. Når et objekt i modellen klassifiseres riktig, kan det forstås likt av ulike systemer – for eksempel at en kum identifiseres som samme type objekt uansett programvare. Dette bidrar til bedre samhandling, enklere kvalitetssikring og gir muligheter for validering og automatisering. Leverandører kan da utvikle digitale objektbiblioteker som kan brukes direkte i prosjekteringen, noe som sparer tid og reduserer risiko for feil.

I bransjen pågår det arbeid med å etablere felles retningslinjer og objektbiblioteker for VA-faget, i regi av både nasjonale og internasjonale aktører. Hensikten er å sikre konsistente data og gjøre det enklere å utnytte digitale prosesser gjennom hele livsløpet – fra prosjektering og bygging til drift og vedlikehold.

Bruken av åpne standarder er også forankret i det nasjonale lovverket. Lov om offentlige anskaffelser forbyr offentlige byggherrer å kreve proprietære filformater, da dette kan begrense konkurransen og gi leverandørbinding. Åpne formater er dermed både en teknisk anbefaling og et juridisk krav i offentlige prosjekter.

Åpne formater handler ikke bare om tekniske krav, men om samhandling og verdiskaping. Når byggherrer tar aktivt eierskap til informasjonsgrunnlaget og stiller tydelige krav til struktur og standardisering, legges grunnlaget for effektiv samhandling i hele verdikjeden. Standardiserte informasjonskrav gjør det enklere for aktørene å levere riktig kvalitet, og kostnaden per informasjonsenhet reduseres fordi data kan gjenbrukes og flyte sømløst mellom systemer.

5.4. Samhandlingsverktøy og felles dataområde (CDE)

Når flere aktører skal jobbe sammen uten tegninger, er det nødvendig med en felles digital plattform for samhandling. Dette kalles ofte CDE – Common Data Environment, eller prosjekthotell på norsk. BIM handler i stor grad om informasjonsledelse. Samhandlingsverktøy bør derfor også ha god funksjonalitet for kommunikasjon og oppgavestyring. Mange samhandlingsplattformer, tilpasset modellbasert prosjektgjennomføring, har innebygd funksjonalitet for å opprette kommentarer, notater og endringsmeldinger knyttet til modellen.

Et prosjekthotell er en samhandlingsplattform der alle gjeldende versjoner av modeller og dokumenter ligger tilgjengelig. En slik tjeneste bør også fortrinnsvis være nettbasert, slik at det eneste som behøves for tilgang, er en bruker og et brukergrensesnitt (datamaskin, nettbrett eller mobiltelefon) med internett.

Innsyn til samhandlingsplattform bør være tilgangsstyrt for å hindre at uvedkommende får adgang, samtidig som tillatelser for de som skal ha tilgang kan differensieres. For eksempel vil man at entreprenørens personell skal ha tilgang til modellen, men ikke at de kan gjøre endringer som ikke er godkjente. Ivar Ingeniør kan ha rollen som modellkoordinator og være ansvarlig for å loggføre alle endringer som legges inn.

Mange kommuner har allerede avtaler om digitale plattformer for dokumenthåndtering, men disse er ofte ikke optimalisert for visning og samhandling i modell. I stedet for å benytte flere separate løsninger, anbefales det å bruke et prosjekthotell som er tilrettelagt for modellvisning også.

På den måten kan alle aktører se oppdateringer i samordningsmodellen hver gang for eksempel Ivar Ingeniør gjør endringer i VA-modellen og laster den opp. Dette sikrer «én kilde til sannhet» gjennom prosjektet, samtidig som materialet kan arkiveres i kommunens etablerte system i etterkant.

Når egnet løsning er valgt, krever Bjørg Byggherre at alle parter bruker dette felles dataområdet. Ved å gjøre det bidrar hun ikke til at det sirkulerer e-poster med vedlagte filer, som kan skape forvirring om hva som er gjeldende underlag. I stedet kan man etter behov, gå til CDE-løsningen og hente ned modell, tegning, rapport, m.m. derfra, og det vil alltid være siste gjeldende versjon. Valgt løsning og arbeidsmetodikk knyttet til denne, bør forankres i BEP, slik

at alle involverte parter kan oppnå en omforent forståelse av dataflyten. Dette vil også bidra til å redusere misforståelser og behovet for «rydding» underveis.

For eksempel: Når Bjørg Byggherre under prosjektering kommenterer at «*kummene bør ha låsbart kumlukk ifølge kommunal norm*», kan hun legge inn denne kommentaren direkte på en kum i modellen via samhandlingsplattformen. Ivar Ingeniør får et varsel, oppdaterer modellen, og markerer kommentaren som løst. Slik digital sakshåndtering sparer mye tid sammenlignet med tradisjonell e-post. Tilsvarende kan Martin Maskinfører varsle i modell når påviste kabler ikke lå i bakken der de var angitt i modell, og videre hvorvidt det påvirker løsningen på den ene eller andre måten.

Det felles datamiljøet blir på denne måten entydig kilde til informasjon, og kommunikasjon er knyttet til objekter og ståsteder i modell. Det gjør det lettere å forstå hverandre, samt at man får historikk knyttet til endringer, direkte i modellen.

I enkleste forstand kan man tenke seg følgende forløp:

Presenter → Kommenter → Reviderer → Publisert

Presenter underlag til godkjenning, ved å laste opp en fil til det felles datamiljøet. Den aktør som er ansvarlig for godkjenning, kan be om utbedring eller skriftlig godkjenne. Underlaget revideres i henhold til ev. kommentarer, hvorefter kommentarer lukkes og underlag publiseres med en oppjustert MMI-indeks i henhold til informasjonsleveranseplan angitt i BEP. Siden versjonshistorikk håndteres av samhandlingsverktøyet, trenger ikke filer bytte navn. Man slipper da å operere med vanskelige pre-/postfiks for kontroll på gjeldende underlag. Dette sikrer et entydig underlag i prosjektets livsløp, da det ikke verserer mange filer med likelydende filnavn.

Alle kommentarer etablert i samhandlingsverktøyet er også tilgjengelig for nedlastning, for arkivering hos den enkelte aktør, om ønskelig. Disse kan lastes ned på åpent format, som igjen lar dem åpnes i annen programvare som støtter dette, eller kommentarer kan tas ut til PDF-format.

6. Praktiske eksempler til inspirasjon

6.1. Tydelige rammer med bruk av MMI, og kommunal godkjenning

Suksessfaktorer i dette eksemplet: *Tydelig mål og krav fra start. Ledelsesforankring og kultur. Tidlig involvering og samarbeid. Kontinuerlig kommunikasjon og oppfølging. Bruk av erfaringer og evaluering.*

Porsgrunn kommune har siden 2024 gjennomført flere modellbaserte VA-prosjekter. De fleste av disse har vært rehabiliteringsprosjekter, og en andel av dette har vært gravefrie løsninger. Prosjektene har hatt varierende størrelse, med en ca. øvre kostnadsramme på 50-60 MNOK. En fellesnevner for mange av prosjektene er entreprisformen samspillsentrepriise. Selv om det ikke er en nødvendighet, har kommunen sett at tidlig involvering tilfører stor verdi. Prosjektene er utlyst, prosjektert, godkjent og bygget etter modell.

Kommunen utlyser konkurranser med tydelige krav om at modell skal benyttes, samt hvordan den skal benyttes. Det stilles krav til hvilket MMI-nivå som skal gjelde for de ulike fasene, og hva disse fasene innebærer. Blant annet krever Porsgrunn kommune å bli holdt løpende oppdatert i modellen, med tanke på løsning og utvikling. Dette gir de mulighet til fortløpende å påse at deres prinsipielle løsninger blir ivaretatt i rådgivers detaljering.

For å tydeliggjøre forventningene til leveransen benytter kommunen en konkretisering av MMI, hvor nedenfor MMI-nivåer definerer kommunens milepæler i prosjektet. Øvrige MMI-nivåer imellom følger av MMI-veilederen 2.0.

- MMI 100 for omforent forståelse av hva som er bestilt av kommunen.
- MMI 200 for omforente leveranser.
- MMI 300 detaljering og berikelse av MMI 200.
- MMI 350 er en kopi av MMI 300, kun ment for godkjenning.

Når prosjektet har nådd MMI 350, er kommunen allerede kjent med det overordnede og bruker dermed mindre tid på godkjenningsprosessen. Kommunen setter da av en fastsatt periode (for eksempel et par uker) til gjennomgang av modellen, som avsluttes med et godkjenningsmøte. Her løftes eventuelle feil og mangler frem. Når punktene er svart ut eller modellen er godkjent, endres MMI til 400 - klar for entreprenør.

Fra MMI-veilederen som kommunen viser til, finner man milepælene definerte av kommunen, angir følgende ferdiggrad på modellene:

- MMI 100 Grunnlagsinformasjon – Objekter og informasjon etablert som grunnlag for utvikling av prosjektet
- MMI 200 Ferdig konsept – Konseptuelle løsninger er besluttet, klargjort for utvikling av prinsipielle løsninger
- MMI 300 Underlag for detaljering – Prinsipielle løsninger er utviklet og besluttet, klargjort som underlag for videre detaljering
- MMI 350 Tverrfaglig kontrollert detaljerte løsninger – Tverrfaglig kontroll er gjennomført og eventuelle avvik er rettet til akseptabelt nivå
- MMI 400 Arbeidsgrunnlag – Klart for utførelse på byggeplass. Underlaget kan også brukes for bestilling, planlegging, utførelse og dokumentasjon

Porsgrunn kommune har opparbeidet så gode erfaringer med modellbaserte prosjekter at de fra 2025 vil stille krav til 3D-leveranser stadig oftere. Kommunen beveger seg i økende grad bort fra utførelsesentrepriser og mer over til samspillsentrepriser, da deres erfaring viser at dette har tilnærmet en halvering av løpemeterprisen på VA-anlegg som bygges med denne gjennomføringsmodellen.

6.2. Visualisering i planlegging og på byggeplass

Suksessfaktorer i dette eksemplet: *Tidlig involvering og samarbeid. Kontinuerlig kommunikasjon og oppfølging.*

Visualiseringsteknologi som VR (Virtual Reality) og AR (Augmented Reality) gir helt nye muligheter for forståelse, kvalitetssikring og beslutningsstøtte i modellbaserte VA-prosjekter. Der tradisjonelle tegninger og 2D-snitt kan være vanskelige å tolke, gjør VR det mulig å «gå inn i» en fullskala digital modell før bygging, mens AR kan brukes til å se modellen plassert i virkelige omgivelser eller på anleggsområdet i forkant av eller underveis i byggeprosessen. 3D-visualisering bidrar også til bedre læring og innsikt, særlig for nyutdannede, ved at feil og avvik lettere oppdages enn i tradisjonelle 2D-presentasjoner.

VR i planleggingsfasen

VR egner seg spesielt godt til gjennomgang og vurdering av løsninger før utførelse. For prosessanlegg kan dette bety at driftsoperatører, rådgivere og byggherre kan bevege seg gjennom pumperom, filterhaller og prosesslinjer i et digitalt miljø. Slik kan man avdekke praktiske utfordringer – som utilstrekkelig plass til vedlikeholdsarbeid, farlige adkomstveier eller dårlig ergonomi – før anlegget bygges. For ledningsanlegg kan VR brukes til å studere komplekse kryssinger, plassering av store konstruksjoner som pumpestasjoner og vannkummer, samt å vurdere løsninger inne i kummene der det ofte er trangt om plassen og mye armatur som skal kunne betjenes og vedlikeholdes.

Bruk av VR kan også styrke beslutningsgrunnlaget i tidlige faser. Kommunale beslutningstakere, entreprenører og prosjekterende kan enklere diskutere og vurdere alternative løsninger når de ser dem i en realistisk visning. For publikumsrettede prosjekter kan VR også brukes til å informere innbyggere om planlagt arbeid og hvordan det vil påvirke nærmiljøet.

AR på byggeplass

AR gir muligheten til å legge digitale modeller «oppå» det man ser av virkelige omgivelser, via nettbrett, mobil eller AR-briller. På en anleggsplass kan denne muligheten benyttes til å kontrollere om prosjektert modell er plassert riktig i den virkelige verden. For eksempel kan man inspisere plasseringen av prosjekterte grøfter, ledninger og kummer, i forhold til eksisterende omgivelser før graving begynner. Dette kan redusere muligheten for feil og konflikter med eksisterende infrastruktur. AR kan også benyttes til å visualisere plasseringen av prosessanlegg – som høydebasseng – i terrenget, for å vurdere hvordan volum, høyde og utforming fremstår i landskapet. Dette er særlig nyttig når man ønsker å tilpasse plassering og arkitektonisk utforming slik at anlegget oppleves mindre dominerende i omgivelsene, spesielt i sårbare naturområder.

I prosessanlegg kan AR brukes til å visualisere skjulte systemer som rørføringer, kabler og ventiler inne i vegger eller under gulv, slik at montører og driftspersonell lettere finner frem under montering og senere ved vedlikehold.

Kombinert bruk av VR og AR

Ved å kombinere VR og AR kan man sikre en sømløs overgang fra planlegging til bygging. VR brukes for å kvalitets-sikre og optimalisere løsninger før de realiseres, mens AR bidrar til å følge opp og validere løsningen på stedet. For VA-prosjekter, som ofte har både komplekse underjordiske strukturer og teknisk krevende overflateanlegg, gir dette et kraftig verktøy for å redusere feil, spare tid og øke sikkerheten.

Riktig bruk av VR og AR bidrar til bedre forståelse, færre feil og mer effektiv gjennomføring i VA-prosjekter – enten det gjelder store prosessanlegg, komplekse ledningsanlegg, vannkummer eller mindre lokale tiltak.

6.3. Digital kontroll

Suksessfaktorer i dette eksemplet: *Tidlig involvering og samarbeid. Standarder, struktur og kvalitetssikring, Kontinuerlig kommunikasjon og oppfølging.*

Der hvor tegninger var overlatt til manuell inspeksjon, kan modeller gjennomgås av en datamaskin for digital kontroll. Når modeller er strukturert og navngitt på en entydig måte, og inneholder en definert informasjon til en gitt milepæl, kan man på bakgrunn av dette sjekke modellen for feil digitalt, for å unngå å avdekke dem på byggeplass.

De mest overordnede kontrollene man kan nyttiggjøre seg, er digital kollisjonskontroll. Altså sette alle objekt av en type opp mot en annen type, og la datamaskinen se om den finner en konflikt hvor to objekter opptar samme rom. Typisk vil en digital kontroll på denne måten avdekke langt flere konflikter enn det man tidligere klarte å avdekke på bakgrunn av flate 2D-tegninger. Dette sikrer at alt som skal bygges har tilstrekkelig plass.

Videre kan man, som nevnt i kap. 3.3., legge inn faseplaner og fremdrift i modellene. På denne måten kan man simulere en anleggsgjennomføring, hvor objekter med status «rivning» fjernes i sekvenser, samtidig som objekter med status «bygging» visualiseres i modellen i tur og orden. Om to objekter opptar samme rom, vil det eksempelvis være en konflikt om de to objektene etableres i samme fase, eller om et eksisterende objekt først er tenkt revet etter at et annet er bygget. Ved å kjøre en digital kollisjonskontroll som er lenket til en framdriftsplan, får man også luket ut avhengigheter ved fremdriftsplanen for anleggsutførelse.

Til slutt kan man også digitalt kontrollere at alle objekter har den informasjonen som er påkrevd for at et objekt er entydig definert, angitt med tilstrekkelig informasjon for å svare ut behov o.l.

Resultater av slike kontroller kan både lagres og arkiveres, men først og fremst kan de knyttes til innsynsløsning og aktør med ansvar for oppretting/oppfølging, slik at man kan luke ut flest mulig feil i modell, før arbeidsgrunnlaget og de mulige feilene når byggeplassen.

Et eksempel på slik kontroll er Bane NORs krav til BanedataID på alle objekter som etableres i deres prosjekter. Dette er en egenskap, som del av et egenskapssett, som knyttes til Bane NORs FDV-database og drift, når anlegget er etablert. Denne IDen må være unik, da entreprenør angir ferdiggrad på objekter ettersom de etableres. Når et objekt endrer status, skal det også lenkes til korrekt FDV-dokumentasjon. Når et anlegg er overlevert, sitter Bane NOR med en komplett driftsmodell, på bakgrunn av den innledende modellen fra prosjekterings- og byggefasen.

Informasjon om geometri og plassering hentes fra som-bygget-data og mappes til objektets unike ID. Dette gir stor verdi for Bane NOR som da får kontroll på alle objektene, hvor de er lokalisert og hva de består av. Dette gjør det enkelt og entydig for drift, når de får en driftsordre. Ved etablering av nye eller tilstøtende anlegg, kan Bane NOR utlevere informasjon om nøyaktig hva de har, med stor presisjon, noe som gir en trygghet for nye og kommende prosjekter.

6.4. Modellkrav – hvordan stille krav til metadata i modell

Suksessfaktorer i dette eksemplet: *Tydelige mål og krav fra start. Standarder, struktur og kvalitetssikring, og Kompetanse og opplæring.*

Fylkeskommunene har i dag et eget nettverk for kompetanseheving på BIM, hvor de har utarbeidet felles retningslinjer for modellbasert prosjektgjennomføring. For å sikre at modellen inneholder relevant og gjenbrukbar informasjon, stilles det tydelige krav til egenskapsdata og struktur. Anskaffelser tar utgangspunkt i fylkeskommunenes BIM-manual, og tilbydere må blant annet utarbeide en BIM-gjennomføringsplan som ivaretar de informasjonsbehovene og kravene Fylkeskommunene stiller til det aktuelle prosjektet. Dette gir bedre samhandling, kvalitetssikring og grunnlag for videre drift. Innhold og struktur i Fylkeskommunenes føringer følger i stor grad NS-EN ISO 19650-1.

I Fylkeskommunenes prosjekter, som tar utgangspunkt i deres BIM-manual, legges det ved: sjekklister for egen- og fagkontroll, eget dokument med oversikt over egenskaper de måtte ha behov for, samt hvordan de skal fylles ut. De vedlegger også andre malverk som skal følges ved utarbeidelse av modeller - som prosjektblad for å beskrive endringer og innhold. Tilpasning av innhold til det enkelte prosjekt går ut på å fjerne det overflødige fra det generelle grunnlaget.

Det benyttes et todelt system for egenskapsdata:

- Felles PSET: Generelle egenskaper som gjelder alle fag, f.eks. prosjektnavn, revisjonsdato, produsent og MMI-nivå. Kan sees på som en erstatning av tittelfelt på tegning.
- Fagspesifikke PSET: Egenskaper knyttet til det enkelte fag/objekt, som kumtype og dimensjon for VA-anlegg, detaljer for armering av konstruksjoner, eller MMI og beskrivelse.

Det stilles eksplisitte kvalitetskrav knyttet til de forskjellige MMI-nivåer. F.eks. kan felles egenskapsdata være delvis utfylt til MMI 350 (tverrfaglig koordinert), mens det ved MMI 400 (til bestilling/for anbud) skal være komplett. Dette gir en modell som kan brukes til mer enn visualisering - den blir et informasjonsbærende verktøy. Hver egenskap har også en unik kode, som eksempelvis A01 Prosjektnavn, og verdiene må skrives likt for å kunne filtreres og sorteres i visningsverktøy.

Kravene til hvilken informasjon, hvordan og når, gir:

- konsistent informasjon på tvers av fag
- mulighet for automatisert kontroll og rapportering
- bedre grunnlag for FDV og videre bruk

Praktisk nytte:

- Ved å trykke på et objekt i modellen, får man opp relevante egenskaper direkte i visningsverktøy.
- Informasjon som tidligere lå på tegninger, ligger nå på objektet - f.eks. materiale, produktnavn, revisjonsmerknad og kobling til beskrivelse.

Tips til byggherre:

- Still krav om både felles og fagspesifikke PSET.
- Etabler maler - benytt syntaks og oppbygning fra FK-BIM Manual og vedlegg som utgangspunkt¹⁾.
- Krev modellsjekk ved milepæler og påse at revisjoner dokumenteres i modellen.
- Sørg for at modellen er strukturert i henhold til IFC-hierarki (Site → Building → Storey).

6.5. Praktisk nytte av 3D-modell - erfaringer fra Hias IKS

Suksessfaktorer i dette eksemplet: *Ledelsesforankring og kultur, Tidlig involvering og samarbeid, Kontinuerlig kommunikasjon og oppfølging og Bruk av erfaringer og evaluering.*

I teknisk komplekse prosjekter - som renseanlegg, pumpestasjoner og bygg med mange installasjoner - har Hias erfart at bruk av 3D-modell gir stor gevinst. Ved å simulere anlegget digitalt før bygging, oppdages feil tidlig, og man reduserer behovet for endringer underveis. Dette sparer både tid og kostnader.

1) PS! En sammenlignbar praksis for fagspesifikke egenskaper til VA-anlegg, vil være å se til Norsk Vanns produktspesifikasjoner - Dataflyt for GIS-informasjon i VA-prosjekter, for bestemmelse av hvilke egenskaper og hvordan de skal fylles ut på de respektive objekter i en VA-modell.

Eksempler fra praksis:

- I ett prosjekt ble rørføringer og utstyr visualisert i 3D før byggestart. Dette gjorde det mulig å oppdage kollisjoner mellom VVS, elektro og bygg, og justere før det kom ut på byggeplass.
- Byggemøtene ble mer effektive ved at man startet med å vise modellen – fremfor å lese lange referater. Dette ga bedre felles forståelse og raskere beslutninger.
- Samhandlingen mellom Hias, rådgivere og entreprenører ble styrket, da alle jobbet ut fra samme modell.
- Risikoen for feil som påvirker drift, HMS og sikkerhet ble redusert – blant annet ved at man kunne simulere adkomstveier og plassering av utstyr.

Sitater fra prosjektteamet:

«Vi har ikke målt gevinsten i kroner, men vi er usikre på hvordan vi skulle klart oss uten modellen når vi bygger anlegg i dag.»

Bærekraft og analyse: I kommende prosjekter planlegger Hias å bruke modellen til å simulere energibruk, materialvalg og CO₂-avtrykk allerede i planleggingsfasen. Dette støtter målet om bærekraftige og kostnads-effektive løsninger.

7. Veien videre – Datadrevet tankesett

Overgangen fra tegning til modell muliggjør bedre prosjektering – med økt forståelse av grensesnitt, intuitiv synliggjøring av problemstillinger og rekkefølge. Bedre prosjektering øker byggbarheten for anlegg. En modellbasert tilnærming gir mer presist og rikt underlag for bygging, og legger grunnlag for effektiv drift når modellen inneholder relevant informasjon om komponenter og utstyr. Samtidig øker kravene til kvaliteten på inndata: feil og mangler i grunnlagsdata forplanter seg direkte. I 3D oppleves modellen ofte som en sannhet, og det blir derfor avgjørende å etablere gode grunnlagsmodeller basert på oppdatert og pålitelig informasjon. Uten dette kan ikke beslutninger tas på rett grunnlag, og gevinstene av modellbasert prosjektering uteblir.

For å lykkes med modellbasert prosjektgjennomføring må bransjen også endre hvordan kvalitet vurderes. I tradisjonelle prosesser ligger all informasjon synlig på en tegning – symboler, piler og tekster gir et umiddelbart visuelt inntrykk. Dermed har man vent seg til å bedømme kvalitet ut fra det som kan sees. Når man jobber modellbasert, er det lett å videreføre denne (u)vanen: ser modellen bra ut i 3D, oppleves den som riktig og ferdig. Dermed risikerer man at framtidige aktørers behov overses.

Mye av modellens mest verdifulle informasjon er ikke synlig i den grafiske fremstillingen. Egenskaper, klassifisering, koordinatsystem, produktreferanser og andre verdifulle data ligger i modellens «database» – i metadata – og fremgår ikke nødvendigvis på skjermen til enhver tid. Disse dataene kan være avgjørende for neste aktør i prosessen, og kan bli lest inn i helt andre systemer, som tabeller, analyser eller maskinstyring. Dersom metadata er feil eller mangelfulle, risikerer man at feil bygges inn, selv om modellen «så riktig ut». Dårlige inndata, gir sjelden gode utdata.

Eksempler:

- En vannkum er korrekt tegnet, men styrkeklassen til kumbunn og forankringskonsollen er feil definert i metadata. Dette kan føre til at entreprenør bestiller komponenter som ikke tåler de belastningene anlegget faktisk utsettes for, med risiko for havari og kostbare reparasjoner.
- En ventil ser korrekt ut visuelt, men har feil nominell diameter registrert i metadata. Bestillingssystemet sender dermed ut ordre på feil ventiltipe, og komponenten må byttes ut etter levering.
- Et bend ser korrekt ut i modellen, men har feil avvinkling definert i metadata. I maskinstyringen blir da grøften gravd med feil vinkel, noe som gir kollisjon med annen infrastruktur.

For å hente ut gevinsten av modellbasert arbeidsflyt må derfor fokuset flyttes fra hvordan modellen ser ut, til om inneholder riktig informasjon, til riktig aktør, i riktig fase. Visning – enten den er i 3D eller på papir – er kun et virkemiddel for å tolke data. Kvalitetskontroll må sikre at alle relevante egenskaper er fylt ut, følger standard og er konsistente. Dette er ikke bare en teknisk øvelse, men et felles ansvar for alle som produserer og bruker data.

En god modell er ikke bare en estetisk, pen modell. Den er strukturert, komplett og entydig i forhold til bestilling, og kan brukes gjennom hele prosjektets livsløp – fra prosjektering til bygging, drift og videre utvikling av VA-anleggene i tiår framover.

Bransjen har et vedvarende behov for felles standarder og metodikk. Data bør leveres entydig, i omforent struktur, slik standardiserte UML-modeller eller tilsvarende formater legger opp til. Standardisering reduserer kostnader og muliggjør automatisering og effektivisering.

Forvaltning av informasjon må ses i et langsiktig perspektiv. Vi vet ikke fullt ut hvordan data kan brukes i framtiden. I dag har bransjen store datamengder, men de er ofte oppstykket og pakket på ulike måter, noe som kan føre til informasjonstap når data overleveres mellom aktører. En årsak er uklare krav; en annen er at aktører vurderer egne behov først, snarere enn helheten i verdikjeden. Skal vi lykkes, må bransjen støtte hverandre: still krav til egne informasjonsbehov, men unngå krav som låser løsninger slik at andre aktørers behov ikke kan ivaretas.

7.1. Gevinstrealisering

Gevinstrealisering ved modellbasert prosjektgjennomføring handler om å sikre at strukturert informasjon faktisk tas i bruk i beslutninger og arbeidsprosesser, slik at prosjektet tilfører verdi i byggefase, drift og forvaltning. Gevinster oppstår ikke som følge av teknologi eller modeller i seg selv, men når informasjonen brukes aktivt av riktige aktører til riktig tid.

I denne sammenhengen forstås en modell ikke som en digital tegning, men som et strukturert datasett. En velstrukturert «som-bygget»-modell er mer enn dokumentasjon for FDV; den er et informasjonsgrunnlag som kan benyttes til planlegging, analyse og beslutningsstøtte i tidlig driftsfase. Gevinsten realiseres når modellen bidrar til bedre oversikt, færre feiltolkninger og mer konsistente beslutninger på tvers av fag og faser.

Når prosjektet leverer konsistent og oppdatert informasjon i en struktur som kan gjenbrukes, reduseres behovet for manuell informasjonsinnhenting, tolkning og parallell dokumentasjon. Dette gir mer effektiv samhandling mellom aktører, bedre kvalitet i beslutningsgrunnlaget og mindre risiko for feil som først avdekkes sent i prosessen eller i driftsfasen. Slike gevinster er direkte knyttet til hvordan informasjonen brukes, ikke til hvordan modellen ser ut visuelt.

Strukturerte «som-bygget»-modeller kan over tid inngå som en del av en digital tvilling, der informasjon fra ulike systemer samles og brukes aktivt i forvaltningen av anlegget. Statens vegvesen beskriver i rapport nr. 643 hvordan digitale tvillinger gir tilgang til oppdatert og relevant informasjon på tvers av fagmiljøer, og hvordan dette muliggjør simuleringer, «hva-om»-analyser og prediktiv styring. Slike anvendelser gir et bedre grunnlag for å vurdere tiltak før de gjennomføres, og kan bidra til mer effektiv ressursbruk i drift.

Det er viktig å skille mellom gevinster som kan realiseres innenfor prosjektets rammer, og gevinster som først kan hentes ut på lengre sikt. Bruk av avanserte analyser, kunstig intelligens og maskinlæring representerer et betydelig potensial, men forutsetter at datagrunnlaget er strukturert, konsistent og pålitelig. Prosjektets bidrag til gevinstrealisering ligger derfor i å etablere dette grunnlaget, ikke i å realisere alle fremtidige anvendelser.

Bærekraftige gevinster oppnås når drift og vedlikehold kan baseres på faktisk behov fremfor generelle antakelser. Bedre beslutningsgrunnlag gir mer målrettet ressursbruk, redusert miljøpåvirkning og bedre ivaretagelse av funksjon og sikkerhet. Økt presisjon i beslutninger gir samtidig økonomiske gevinster gjennom mer effektiv bruk av tilgjengelige ressurser.

Samlet sett gir modellbasert prosjektgjennomføring gevinst når strukturert informasjon brukes aktivt i planlegging, gjennomføring og forvaltning. Digitale tvillinger gir verdi fordi de samler, strukturerer og tilgjengeliggjør data slik at beslutninger kan tas på et helhetlig, oppdatert og kunnskapsbasert grunnlag. Forutsetningen for gevinstrealisering er derfor ikke flere verktøy, men tydelige informasjonskrav, høy datakvalitet og arbeidsprosesser som faktisk benytter informasjonen som produseres.

8. Forkortelser, begreper og definisjoner

- **Modellbasert prosjektgjennomføring:** Prosjektgjennomføring der en digital 3D-modell med tilhørende data (metadata) er hovedkilde til informasjon gjennom hele prosjektets livsløp.
- **Grunnlagsmodell:** Digital modell av eksisterende situasjon, basert på oppmåling, GIS-data og andre kilder, brukt som utgangspunkt for prosjektering.
- **Fagmodell:** 3D-modell som beskriver løsningen innen ett fagområde, f.eks. RIVA / VAO (Rådgivende Ingeniør Vann og Avløp / Vann, avløp og Overvann).
- **Samordningsmodell:** Modell som kombinerer flere fagmodeller for å avdekke konflikter og sikre koordinering. Fungerer som en felles referanse for alle prosjektaktører.
- **MMI (Modellmodenhetsindeks):** Norsk begrep for å angi hvor detaljert og hvilken ferdiggrad/bruksbegrensninger modellen må antas å ha for en gitt indeks. Ref. MMI-veilederen 2.0.
- **Som-bygget-modell:** Endelig modell som viser det som faktisk er bygget, med riktige plasseringer, dimensjoner og metadata.
- **Metadata:** Tilleggsinformasjon om objekter i modellen, f.eks. materiale, dimensjon og trykkklasse.
- **Objektbibliotek:** Samling av forhåndsdefinerte objekter med standard geometri og metadata som kan brukes i modellering.
- **Klassifisering:** Standardisert kategorisering av objekter i modellen for å sikre gjenkjenning og riktig bruk på tvers av systemer.
- **Koordinatsystem / Georeferanse:** Plassering av modellen i et geografisk referansesystem slik at den stemmer overens med virkelige koordinater.
- **Kollisjonskontroll:** Digital kontroll for å avdekke om objekter i ulike fagmodeller kolliderer eller overlapper.
- **BIM-gjennomføringsplan (BEP):** Dokument som beskriver hvordan BIM og modeller skal brukes, oppdateres og leveres i et prosjekt.
- **4D:** BIM-modell koblet til tidsplan for å simulere og styre fremdrift.
- **Maskinstyring:** Bruk av digitale modeller i anleggsmaskiner for å styre graving og plassering nøyaktig.
- **Stikking (modellbasert):** Oppmåling og utsetting av punkter i terreng basert direkte på modellens koordinater.
- **IFC (Industry Foundation Classes):** Åpent, internasjonalt filformat for utveksling av BIM-data på tvers av programvare.
- **IFC 4.3:** Nyeste IFC-standard i 2025 med støtte for infrastrukturprosjekter som VA, veg og bane.
- **GML (Geography Markup Language):** Åpent filformat for geodata, ofte brukt til kart og GIS.
- **SOSI:** Norsk standard for stedfestet informasjon, brukt i kart- og oppmålingsdata.
- **ISO 19650:** Internasjonal standard for informasjonsforvaltning med BIM.
- **ÅpenBIM (OpenBIM):** Metodikk utviklet av BuildingSMART for digital samhandling basert på åpne standarder, som muliggjør utveksling og gjenbruk av informasjon uavhengig av programvare og aktør.
- **Åpne standarder:** Standarder som kan brukes fritt, og som sikrer at data ikke låses til én leverandør.
- **CDE (Common Data Environment):** Felles digital plattform for lagring, deling og oppdatering av prosjektdata.
- **Prosjekthotell:** Norsk betegnelse på CDE, ofte nettbasert, for deling av modeller og dokumenter.
- **Modellviser:** Program eller nettverktøy som gjør det mulig å se og navigere i 3D-modeller.
- **AR (Augmented Reality):** Teknologi som legger digitale objekter oppå virkeligheten gjennom kamera, vanligvis vist på nettbrett eller mobil.
- **VR (Virtual Reality):** Teknologi som lar brukeren bevege seg i et helt digitalt 3D-miljø, vanligvis presentert med briller.
- **Modellmodenhet:** Organisasjonens eller prosjektteamets evne til å bruke og utnytte modeller effektivt.
- **Leveransestruktur:** Definert oppbygning av filer, modeller og data som skal leveres i et prosjekt.
- **Proprietært format:** Programvarespesifikt format - et lukket format tilhørende én eller flere programvarer, som krever den eller de programmene for å åpne filen og presentere innholdet.
- **Modellgjennomgang:** En gjennomgang av modell, enten faglig eller tverrfaglig, for én eller flere aktører. Hensikten er å avdekke problemstillinger som vil være til hinder for at prosjekterte løsning(er) er gjennomførbare.

9. Utvalgte kilder til videre fordypning

Under finner du et lite utvalg av kilder som anbefales for videre lesing, for deg som vil fordype deg mer i temaet modellbasert prosjektgjennomføring for VA-anlegg. Disse spenner fra bransjerapporter og artikler til standarder og forskningsarbeider:

Gjeldende litteratur ved rapportens publisering, 2026:

- 1) **Standard Norge** – *Digital byggeprosess og BIM* <https://standard.no/fagomrader/digital-byggeprosess/>
- 2) **Standard Norge** – *NS-EN ISO 19650*
- 3) **BuildingSMART** – *POFIN (Nasjonalt rammeverk for BIM)*
- 4) **EBA** – *MMI-veileder 2.0*
- 5) **Statens Vegvesen** – *Håndbok R110*
- 6) **Bane NOR** – *Generell krav til BIM og geomatikk*
- 7) **Statsbygg** – *SIMBA (Statsbyggs BIM-krav)*
- 8) **Fylkeskommunenenes BIM-nettverk** (*Fylkeskommunens BIM-manual og vedlegg*)

Andre initiativ:

- 9) **BuildingSMART** – *Retningslinjer for VA-detaljmodeller (Høringsutkast, august 2025)*
- 10) **Norsk Vann** – *5-2024 Dataflyt ved etablering av ledningsanlegg - revisjon av Norsk Vanns produktspesifikasjoner nr. 1, 2, 4.*
- 11) **Direktoratet for Byggkvalitet** – *BIM i byggesak* <https://www.dibk.no/soknad-og-skjema/vil-du-bruke-bim-i-byggesoknaden>

Lesere oppfordres til å bruke ovennevnte kilder for å lære mer. Modellbasert prosjektgjennomføring er et felt i rask utvikling – ny kunnskap og nye verktøy kommer til fortløpende. Å holde seg oppdatert gjennom fagnettverk (som VA-yngre, BuildingSMART og Norsk Vann) vil være svært nyttig. Lykke til på den digitale reisen!

TIDLIGERE UTGITTE RAPPORTER

2025	296	Plikt til å knytte eksisterende bygninger til kommunens hovedledninger
	295	Håndbok i kildesporing etter spillvann på avveie
	294	Kommunalt investeringsbehov for vann og avløp 2025-2045
	293	Håndtering av personopplysninger i vannbransjen
	292	Metodikk for planlegging av reservevannforsyning
	291	Kompetansekrav knyttet til drift av vann- og avløpsanlegg
2024	B28	Kompetansekrav knyttet til drift av vann- og avløpsanlegg
	290	Veiledning for oljeutskilleranlegg
	289	Vannbehandlingsbarrierer, vannverkslam og returstrømmer – BARRINOR og SLAMINOR
	288	Veiledning for dimensjonering av mindre avløpsanlegg
	287	Veiledning for design og drift av nanofilteranlegg
	286	Veiledning i bruk av infiltrasjon i vannforsyning
2023	C17	Ny kunnskap om filterdrift og mikrobiologisk liv i ozonering-biofilteringsanlegg
	285	Kartlegging og inndeling av sprinkleranlegg i farekategorier
	284	Mikroforurensninger i avløpsvann – resultater fra innløp- og utløpsvann fra 19 norske avløpsrenseanlegg
	283	Organiske miljøgifter i norsk avløpslam – resultater fra undersøkelsen i 2022/2023
	282	Taknedløp fra kompakte tak – mulighet for utkast til terreng
	281	Mulige organisasjonsformer for den kommunale vann- og avløpssektoren
2022	280	Fremtidens vann- og avløpssystem
	279	Overvåkning av vannkvalitet på distribusjonsnett – Erfaringer fra bransjen
	278	LOSINOR – Lukt- og smaksproblemer i norsk drikkevann
	C16	Stikkledninger i varerør
	277	Nasjonal strategi for behandling og disponering av avløpslam
	276	Lange pumpeledninger for avløp på land og i sjø
2021	275	Mikroforurensninger og legemidler i avløpsvann
	274	Korrosjonsbeskyttelse – erfaring og ny kunnskap
	273	Veileder i samfunnsøkonomiske analyser for vannbransjen
	272	Sikker utforming av åpne overvannsløsninger
	271	Åpen fordryning – Etablering av anlegg for permanente og midlertidige vannspeil med dybde over 20 cm
	C15	Digitalisering av VA-sektoren i Norge – status, utfordringer og behov
2020	270	Helsemessig sikker drift av vannledningsnett – prosedyrer og anbefalinger
	269	Risikovurdering av bergsprengte drikkevannsmagasin
	268	PFAS i råvann og drikkevann fra Norge
	267	Veiledning for utarbeidelse av kommunale forskrifter på avløpsområdet
	266	Vannbransjens erfaringer med kommune-sammenslåinger
	265	MEMINOR: Membranfiltrering for fjerning av Naturlig Organisk Materiale i Nordiske drikkevann
2019	264	Alternativ til akkreditert prøvetaking
	263	Trykkoptimalisering på vannledningsnett – beste praksis
	B27	Forurensning i overvann fra urbane flater – vannmiljø og rensetiltak
	262	Undersøkelser som grunnlag for valg av avløpsløsning
	261	Omflyttingsmasser
	260	Innovative anskaffelser i vannbransjen
2018	259	Kommunalt finansieringsbehov i vannbransjen 2021 – 2040
	258	Rekutteringsbehov i vannbransjen – status og prognoser 2020 – 2050
	257	Etablering og drift av mindre avløpsanlegg
	256	Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg
	255	Bærekraftig fremmedvannsandel – Modell for vurdering av riktig nivå
	254	Forvaltning av nedbørsfelt for overflatevannkilder
2017	B26	Kunnskapsbehov innen overvann og klimatilpasning
	B25	Forprosjekt – Digital Vannstatistikk
	253	Mikroplast i avløpsvann, avløpslam og jord
	252	Kummer – Klassifisering og tilstandsvurdering
	B24	Primærrens – Status og renseeffekter 10 år etter
	C14	Bærekraftig fornyelse av ledningsnett
2016	251	Klimagassutslipp, veiledning for vannbransjen
	250	Kommunens roller, rettigheter og fremgangsmåter i private utbyggingsområder
	249	Veiledning i nød vannforsyning
	B23	Evaluerer av Norsk Vanns prosjektsystem
	248	Organic Pollutants in Norwegian Wastewater Sludge
	247	Beste praksis for HMS-arbeid i vannbransjen
2015	246	Regulering og organisering av vann- og avløpssektoren i utvalgte europeiske land
	245	Veiledning for tilstandsvurdering av infiltrasjonssystemer
	244	Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsplan for drikkevann
	243	Verdiforvaltning av vann- og avløpsinfrastruktur
	242	Praktiske råd ved valg av ledningsmateriale
	241	Mapping microplastic in Norwegian drinking water
2014	240	UV-desinfeksjon av drikkevann
	B22	Vann og avløp i arealplanlegging og byggesaker
	239	Beregning av bærekraftig lekkasjenivå
	238	Informasjonssikkerhet og skybaserte tjenester
	237	Dataflyt for GIS-informasjon i VA-prosjekter
	236	Akseptkriterier – Vurdering av nye og nyrenoverte avløpsledninger ved rørispeksjon
2013	235	Dataflyt
	234	Rørispeksjon av hovedledninger for vann og avløp
	233	Veiledning for bruk av betongrør og kummer
	232	Plastrør for vannforsyning og avløp: Hvordan skal vi oppnå minst 100 års levetid?
	231	NOMINOR: Natural Organic Matter in drinking waters within the Nordic Region
	230	NOMINOR: Naturlig Organisk Materiale i Nordiske drikkevann
2012	229	Sikring av vannforsyning mot tilskudte uønskede hendelser
	228	Tilførsel av industrielt avløpsvann
	227	Beregning av forurensningsutslipp fra avløpsanlegg
	226	Tømming av slam
	225	Trykkavløp i spredtbygde og urbane strøk
	224	Eierskap til stikkledninger
2011	223	Finansieringsbehov i vannbransjen 2016 – 2040
	222	Dokumentasjon av utslipp fra avløpsnett
	221	Smart ledningsfornyelse – bruk av NoDig-metoder
	B21	Utvikling av studietilbud i bachelor i vann- og miljøteknikk
	B20	Norske tall for vannforbruk med fokus på husholdningsforbruk
	220	Kritiske ledninger for vann og avløp – klassifisering og tiltaksvurdering
2010	219	Eksempler på implementering av bærekraft i vannbransjen
	218	Vann til brannsløkking og sprinkleranlegg
	217	Videreutvikling av beregningsmetodikk for gjenanskaffelsesverdi og investeringsbehov
	216	Veiledning for dimensjonering av vannbehandlingsanlegg
	215	Tilbakestrømssikring – veiledning til vannverkseiere
	214	Forslag til ny sektorlov for vann tjenester
2009	213	Sikkerhetsstyring for vannbransjen
	212	Veiledning for dimensjonering av vannbehandlingsanlegg
	211	Erfaringer med ozon-biofiltrering for behandling av drikkevann
	210	Veiledning for praktisering av selvkost
	209	Veiledning i mikrobiell barriere analyse
	208	Sikring av kvalitet på ledningsanlegg
2008	207	Stikkledninger – ansvar og teknisk utforming
	206	Biostabilitet i drikkevannsnett
	205	Bærekraftig forvaltning av VA-tjenestene
	204	Åpne flomveger i bebygde områder
	203	Fra driftsassistanter til regionale vannassistanser
	202	Microbial barrier analysis (MBA) – a guideline
2007	201	Anskaffelser i vannbransjen
	200	Håndtering av overvann fra urbane veger
	199	Etablering av gode VA-løsninger i spredt bebyggelse
	198	Organiske miljøgifter i norsk avløpslam – Resultater fra undersøkelsen i 2012/13
	197	Avløpsanlegg Vurdering av risiko for ytre miljø
	196	Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transportsystemer
2006	195	Sikkerhet og sårbarhet i driftskontrollsystemer for VA-anlegg
	B19	Varmpumper i drikkevannsforsyningssystem
	B18	Kranvannets kokebok for kommunikasjon
	B17	Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren
	194	Energikrigit design og prosjektering av avløpsrenseanlegg
	193	Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem
2005	192	Veiledning for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken
	191	Rettigheter til uttak av vann til allmenn vannforsyning
	190	Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer
	188	Veiledning for drift av koaguleringsanlegg
	C8	Omdømmeplattform og -strategi
	187	Kommunal overtakelse av vannverk organisert som andelslag eller samvirkeforetak
2004	186	Veiledning i omorganisering av andelsvannverk til samvirkeforetak
	185	Fett i avløpsnett. Kartlegging og tiltaksforslag
	184	Tilsyn med utslipp fra avløpsanlegg innen kommunens myndighetsområde
	183	Veiledning om regulering av VA-tjenester til næringsmiddelindustri
	182	Prøvetaking av avløpsvann og slam
	181	Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng
2003	180	Fjernavlesning av vannmålere
	179	Veiledning i utarbeidelse av kommunale gebyrforskrifter for vann og avløp
	B16	Veiledning for kartlegging av energibruk i VA-sektoren
	B15	Vannforskriftens økonomiske konsekvenser for kommunesektoren og avløpsanleggene
	C7	Forvaltningspraksis ved norsk dampsikkerhet
	178	Grunnundersøkelser for infiltrasjon – mindre avløpsanlegg
2002	177	Drikkevannskvalitet og kommende utfordringer – problemoversikt og status
	176	Statlige gebyrer og avgifter på de kommunale VAR-tjenestene
	175	Vann og avløp for nye i bransjen – læreplan. E-læring og samlinger
	174	Hygienisering av avløpslam. Langtidslagring og enkel rankekompostering. Resultater fra 3 års valideringstesting
	173	Veiledning for bruk av støpejernsrør
	B14	Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren – forprosjekt
2001	B13	Silslam – mengder, behandlingsløsninger og bruksområder. Forprosjekt.



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norsk vann.no
www.norsk vann.no