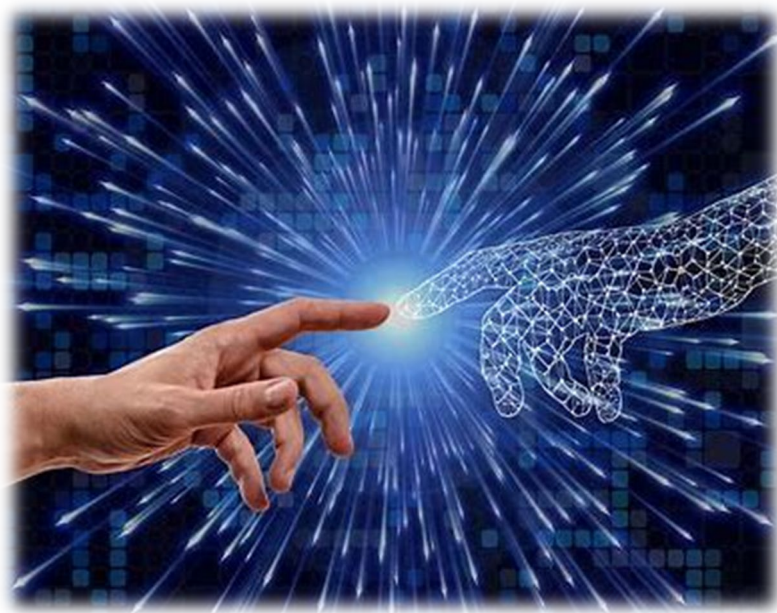


Tema 2
Digitalisering med bruk av KI
Kunnskapsgrunnlag



Kilde: <https://acsrecycling.es/wp-content/uploads/2022/01/digitalizacion-sostenible.jpg>

Eilif Hjelseth
Jon Atle Gulla
med støtte av Sujesh Sujan

Versjon 3 – Oppdatert 2025-04-19

Innhold

1	Sammendrag:	3
2	Kunnskapsgrunnlag.....	4
2.1	Spesialisering.....	4
2.2	Generalisering.....	4
3	Forståelse av digitalisering / BIM / KI for prosjektledelse	5
3.1	Digitalisering (BIM) som grunnlag for prosjektledelse	7
3.2	BIM = Produkt modellering + Prosessmodellering.....	10
3.3	Digitalisering krever samarbeid mellom alle temaer i Bedre megaprojekter	12
3.4	Informasjonsledelse – NS-EN-ISO 19650	13
3.5	Digital modenhet (BIM og KI)	14
4	Kunstig intelligens (KI)	15
4.1	Kunstig intelligens og modenhet.....	17
4.2	Generativ kunstig intelligens for Megaprojekter	18
4.3	Muligheter med generelle KI-modeller	20
4.4	Muligheter med domenetilpassede KI-modeller.....	21
4.5	Eksterne ressurser	22
5	Prinsipper for digitalisering i organisasjoner	23
5.1	Behovet for en helhetlig tilnærming	23
5.2	Digitalisering er mer en teknologi – Tankesett og motivasjon	24
5.3	Avgrensning av ‘hva’ og ‘hvordan’ – behovet for eierstyring	25
5.4	To perspektiver: modellbasert og dokumentbasert.....	26
6	Referanser og faginfo for videre studier	27

Formell informasjon:

Type document: Kunnskapsgrunnlag
Sted og dato: Trondheim / Ski, 2025-04-19
Versjonsnummer: 3

Dette dokumentet er laget av: Eilif Hjelseth¹ og Jon Atle Gulla¹ med støtte av Sujesh Sujan^{1,2},

1) NTNU, 2) Mott MacDonald, UK

Prosjektledere for forskningsstudien: Eilif Hjelseth og Jon Atle Gulla

1 Sammendrag:

Bruk og utvikling av løsninger basert på kunstig intelligens (KI) er den dominerende trenden innen digital støttet prosjektledelse. Bruk av generative løsninger, spesielt basert på store språkmodeller er den delen av KI som det er knyttet størst forventinger til. Det mangler analyserende studier fra praktisk bruk av KI til prosjektledelse i BAE næringen.

Digitalisering innen BAE omtales oftest som bruk av bygningsinformasjonsmodeller (BIM). BIM brukes hovedsakelig til modellering av geometriske produktmodeller innen prosjektering og som underlag for bygging. Digital tvilling har bidratt til økt fokus på BIM for eiendomsforvaltning.

Det er en lav, men økende forståelse for NS-EN-ISO 19650 serien for informasjonsledelse. Bruk av NS-EN-ISO 19650 er størst hos offentlige oppdragsgivere innen infrastruktur: BaneNor, Nye Veier, Statens vegvesen, Statkraft og Statnett.

Norge regnes for å være ett ledende land innen implementering av BIM. Implementeringen er teknologidrevet, med begrenset ending av prosesser, ansvarsforhold, verdikjeder og forretningsmodeller. BIM benyttes hovedsakelig som en produktmodell, mens prosjektledelse har mer nytte av en prosessmodell. BIM har hovedsakelig innvirkning på samspillet i selve prosjektgjennomføring i det enkelte prosjekt ved at alle får felles forståelse av hva som skal bygges fra 3-D presentasjoner av BIM-en. BIM gir et godt utgangspunkt for utvikling av overordnede fremdriftsplaner, og mengdeuttak som kan benyttes som grunnlag for mer detaljert tidsplanlegging og kostnadsberegninger. Koblingen mellom BIM og økonomisystemene har er i stor grad preget av manuelt arbeid, der kun enkelte oppgaver er semi-automatisert, og periodiske rapporteringer.

Det er et stor potensial for økt utnyttelse av BIM innen integrerte løsninger for datadrevet prosjektledelse basert på sanntidsdata.

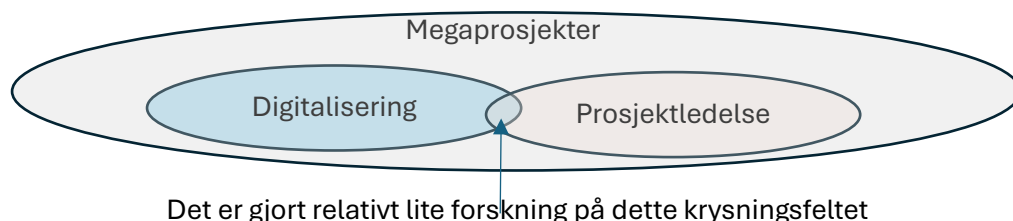
Virtual Design and Construction (VDC) er et rammeverk for digitalt støttet prosjektgjennomføring som har fått økt utbredelse de siste årene. Bruk av Power BI har den programvaren som har størst øking for rapportering og beslutningsstøtte.

Bruk av relativt enkle digitale løsninger som integrerer informasjon fra flere datakilder som kan automatisere styringsdata og brukertilpasset presentasjon er det område med størst nytteverdi. Bruk av kunstig intelligens har et stort potensial til å redusere rutinemessige oppgaver innen rapportering og administrativ oppfølging for prosjektlederen.

Kunstig intelligens er den største trenden innen digitalisering. Der er foreløpig begrenset med anvendelse av teknologien i ordinære prosjekter. Det svært lite erfaringer innen prosjektledelse av megaprojekter. Bruk av store språkmodeller (Large Language Models, LLM) er den type teknologi som har bidratt mest til å øke forventningene til hva som bør være mulig å gjøre. For generelle tekstbaserte oppgaver er viser erfaringer språkmodeller kan være svært tidsbesparende til å inne informasjon og sammenstille dette som komplet tekst. Vi minner om at kunstig intelligens er en krevende teknologi som stiller store krav til organisasjonens medarbeidere, tilgang til dataressurser, håndtering av data og etiske retningslinjer. Det er derfor viktig at «Bedre megaprojekter» kan bidra til å samordne behov fra ulike partnere og case – og dele erfaringer og løsninger.

2 Kunnskapsgrunnlag

Denne oversikten er foreløpige resultater fra pågående litteraturstudie innen kombinasjonen *digitalisering og prosjektledelse av megaprojekter*. Vår litteraturstudie identifiserte at kun 2% av litteraturen kombinasjonen av de tre nøkkelordene i kursiv.



Det er gjort relativt lite forskning på dette krysningsfeltet

Figur 1. Utvalget av funn presentert i denne kunnskapsbasen

Økt bestillerkompetanse / Koordinering i «Bedre megaprojekter»

Det er flere av democase som har ønsket forsknings og utviklings (FoU) prosjekter innen digitalisering generelt, og utvikling og bruk av KI spesielt. Dette er positivt og gir mulighet for at democase med prinsipielt innen samme type problem/løsning kan koordineres. På den annen side kan problemet / rotårsaken ligge innenfor andre tema i «Bedre megaprojekter».

.... if you get what you want, but not what you need... (Fix you, Coldplay)

Vi vil derfor utvikle et opplegg for kartlegging av digital modenhet (se egen omtale). Det er sentralt

To perspektiver på kunnskapsgrunnlaget:

2.1 Spesialisering

Som figur 1 viser er det begrenset hva vi har funnet i litteraturstudiet.

Det positive i dette funnet er at det er store muligheter for forskning innen fagdomenet. Den lave publiseringsgraden skyldes antakelig at det er et begrenset antall megaprojekter, og at tilgangen til data for forskning er relativt krevende.

Her har «Bedre megaprojekter» et potensial for å spille en sentral rolle.

På den annen side, så er det et svært stort behov for bruk av integrerte digitale løsninger stort for en rekke oppgaver innen planlegging, bygging og drift av megaprojekter.

Tema 2 vil fokusere på digital støtte til prosjektledelse i alle faser i byggeriet.

2.2 Generalisering

Da det er relativt lite som er funnet innen overlappingsområdet i Figur 1, samt at det er varierende kompetanse innen digitalisering og KI, så har vi inkludert generell faglig informasjon om digitalisering og bruk av KI.

Da det antakelig er en stor variasjon i digital kompetanse (digital literacy) blant fagpersoner i forskergruppen og blant partnerne i «Bedre megaprojekter», så er det en stor variasjon i det som tas med i denne rapporten.

Denne versjonen av Kunnskapsbase legger derfor mest vekt på generalisering.

3 Forståelse av digitalisering / BIM / KI for prosjektledelse

Digitalisering innen BAE næringen ofte omtales som bruk av BIM programmer. I den siste tiden har det blitt et økende fokus på bruk av kunstig intelligens (KI).

Begrepet «Digitalisering» er omfattende og inkluderer både «BIM» og «KI». Begrepene vil dermed kunne brukes om hverandre i mange sammenhenger, se figur 2.

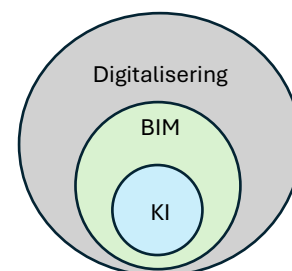


Figure 2. Digitalisering - BIM - KI

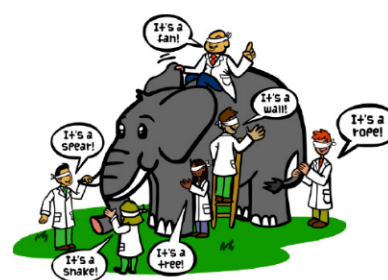
En måte å forklare hva Digitalisering er vil være å si hva det ikke er:

Digitalisering er ikke kun bruk av programmer – det er noe mer!

Men BAE næringen oppfatter digitalisering som bruk av BIM, og BIM er bruk av programvare som lager en BIM fil.

Denne BIM filen kan eksporteres i IFC-format slik at den kan brukes av andre som ikke har BIM programmet, f.eks. Autodesk Revit, som laget filen. Der er derfor lett å oppfatte at dersom man bruker åpenBIM formatet IFC, så kan alle benytte samme informasjon til alle oppgaver.

Problemet er at denne forenklete forståelsen ofte er rett nok til å gi noe nytte. Jobber man inne ett fagområde og den du jobber med står nær deg, så er det gode sjanser for at dere kan ha samme forståelse. «BIM-lefanten» i Figur 3. et tatt som metafor på ulik forståelse av digitalisering. Felles for disse forståelsene av elefanten er at man fokuserer på fysiske ting (produkter), dette er i stor grad likt med den dominernde forståelsen for BIM.



Figur 3. BIM-lefanten som metafor på ulik forståelse av digitalisering

Metaforen viser også at alle forståelsene er riktige isolert sett. Dette stemmer også med BIM, men her er den dominernde forståelsen at BIM er en geometriks 3-D modell med informasjon laget i ett program, f.eks. Revit, Tekla eller tilsvarende prosjekteringsprogrammer. Denne forståelsen fungerer godt for alle som jobber med byggverket – produktet – som hovedfokus; Arkitekt, Rådgivende ingeniører, oppdragsgiver.

For prosjektleder som jobber med byggeprosessen er denne forståelsen noe begrensende. Det er derfor behov for en utviklet forståelse for digitalisering / BIM som har større fokus på prosess for å forstå informasjonflyten og ulike interesser – personer – for å se brukere og bidragsytere av informasjon.

Definisjonen fra Gartner group indikerer at digitalisering er noe mer enn bruk av programmer. **Digitalization** is the use of digital technologies to change a business model and provide new revenue and value-producing opportunities; it is the process of moving to a digital business. <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digitalization>

En utfordring her er at denne type definisjoner blir lite konkrete, spesielt der man har lav digital modenhet.

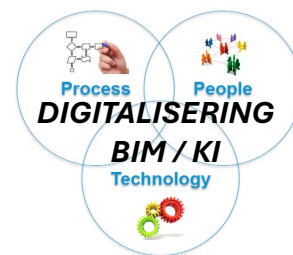
Vi har derfor tatt med ett kapittel om Digitalisering (BIM) som grunnlag for prosjektledelse.

Forståelse av digitalisering i Tema 2

For å forstå arbeidet i «Tema 2 Digitalisering og bruk av KI» er det sentralt at man ser at dette består av integrasjonen av Teknologi, prosess og personer, se Figur 4. Dette sosio-tekniske perspektivet står i kontrast til det teknologibaserte perspektivet som dominerer i bransjen i dag.

Digitalisering innen BAE næringen omtales som BIM. Denne forkortelsen kan stå for både Building Information Modell / Modelling / Management.

Fordi det er så ulik forståelse av digitalisering i næringen, så har vi valgt at å ta med relativt mange ulike perspektiv i håp om at noen av disse gir dypere forståelse for hvordan digitalisering kan støtte innovasjon og forbedrede måter å arbeide og samarbeide på.



Figur 4. Forståelse av digitalisering / BIM / KI

Vi har valgt å dele kunnskapsgrunnlaget inn i tre deler

Del I Digitalisering / BIM

Inkluderer en rekke perspektiver på ulik forståelse digitalisering generelt og BIM spesielt. Det sentrale budskapet er at «*Digitalisering er mye mer enn bare bruk av digital teknologi!*»

Del II Ulike typer KI

Oversikt over ulike typer KI og deres anvendelsesområder

Del III Digitalisering / Funn fra vitenskapelig litteraturstudie

Dette har er mer teoretisk vinkling for dypere forståelse, ikke nødvendigvis umiddelbar anvendelse et konkret tilfelle. Et spesielt interessant funn for megaprojekter er betydningen av en balansert kombinasjon av hierarkisk og heterarkisk ledelse.

Utvikling og behov for støtte fra prosjektledelsen og andre tema i «Bedre megaprojekter»:

Digital modenhet

På grunn av stor bredde i digital kompetanse og løsninger bildet bare behov for å gjennomføre ulike modenhets kartlegginger på partnere (virksomhet) og caseprosjektnivå. Det er behov i «Bedre megaprojekter» for å utvikle bedre metoder og rammeverk for modenhetskartlegg og støtte til bestillerkompetanse.

Konkrete bidrag FRA andre tema TIL digitalisering og bruk av KI

Det er sentralt at alle andre «Temaer» ta inn digitalisering i sine prosjekter. De bør ikke legge vekt på den teknologiske siden, dette dekkes av Tema 2. De andre temaene bør legge vekt på å kartlegge informasjonsflyt og beslutningssturkuter, gjerne med bruk av prosesskart (BMPN).

Ambisjonsnivå hos partnere for «Digitalisering og bruk av KI (Tema 2)

Vi har foreløpig ikke identifisert noen case i BMP som vil ta tilsvarende proaktive rolle for økt digitalisering som Heathrow Terminal 5 gjorder for UK fra før oppstart 1988, til den åpnet 2008. Nye A-hus hadde en svært betydningsfull rolle ved at de markerte at en offentlig oppdragsgiver satte krav til IFC/åpenData.

«Bedre megaprojekter» har prinsipielt mulighet til å ta en aktiv rolle for helhetlig digitalisering.

Referanser og videre studier: Vi vil arbeide kontinuerlig med en samling av lenker til rapporter og relevante vitenskapelige artikler.

Nest trinn er utvikling er: Nasjonal og internasjonal status innen digitalisering for prosjektledelse av megaprojekter.

3.1 Digitalisering (BIM) som grunnlag for prosjektledelse

Digitalisering for rollen som prosjektleder

Prosjektlederen treger mye informasjon fra mange kilder, mye av denne informasjon er knyttet til prosesser, og informasjonen skal deles med andre personer med ulikt informasjonsbehov.

Mens prosjekteringslederen har svært stor nytte av produktinformasjon i BIM-filen, så er svært lite av dette relevant for prosjektlederen. Fokuset ligger på å integrere informasjon fra ulike kilder til relevante styringsdata for all de ulike funksjonsområdene innen prosjektledelse.

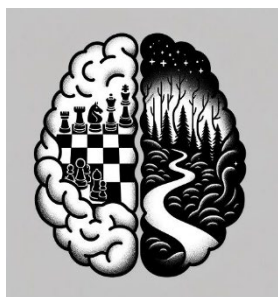
Som den litt modifiserte figur 5. fra «Lunch» illustrerer, så er dette et krevende tema i praksis 😊



Figure 5. Utfordringene med innføring av BIM

For å sette dette i et litt mer prinsipielt perspektiv kan nedeforstående tilnærming være nyttig for forståelse av hva vi egentlig holder på med, se Figur 6.

"Kind" and "Wicked" Learning Environments



Figur 6. "Kind" and "Wicked" Learning Environments

Hva er det vi skal løse

- Kind – Oversiktlige problemer
 - Dvs. "fasit" finnes
 - Svar som er lett å verifisere med begrenset mengde data
 - Leveranser
- Wicked – Uoversiktlige problemer
 - Dvs. "fasit" finnes ikke
 - Hvordan stille relevante spørsmål
 - Læring

Mer info: <https://davepstein.substack.com/p/kind-and-wicked-learning-environments>

BIM – en måte å tenke på

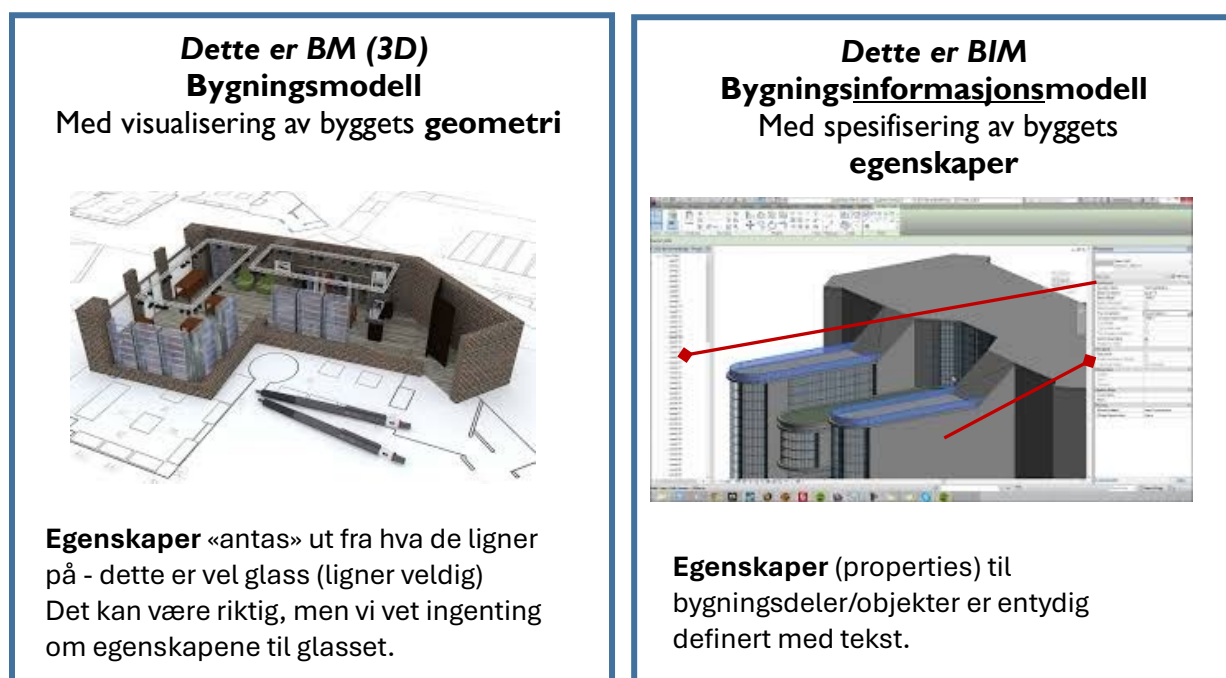
- Det handler om å utvikle en byggeprosess som gir bedre bygg og anlegg
 - ikke bare å bruke programmer på best mulig måte ...
- Byggeprosessen er informasjonsintensiv
 - valg og beslutninger basert på FAKTA
- Informasjon er en innsatsfaktor på lik linje med materialer og arbeid
 - kvalitet og kvantitet på informasjonen kan vurderes på samme måte som andre varer og tjenester



Figur 7. Elementer i "Din BIM-praksis"

Hvordan skille mellom BM og BIM?

Mye av det som presenteres som BIM er god visualisering av detaljerte 3-D modeller. Det er derfor forståelig at man både misforstår, ikke får tilstrekkelig fokus på informasjonen og relasjoner mellom disse, eller setter krav til relevant informasjon i relevant form. Der er derfor sentralt å kunne skille på kvaliteten på BygningsModell – der detaljeringsgraden av det visuelle er de vi ser direkte, men for en BygningsInformasjonsModell er det innholdet av informasjon man indirekte ser når mange åpner egenskapsfeltet i programmet, se figur 8.



Figur 8. Bygningsmodell vs BygningsInformasjonsModell (BIM)

Fra BIM til VIA - Visualisering – Integrering – Automatisering

VIA er en forkortelse for verbene: Visualisering – Integrering – Automatisering

<https://www.vdcnorway.org/fra-bim-til-via/>

I VDC-fagmiljøet har vi begynt å benytte VIA i stedet for BIM

– for å gi en bedre forståelse av BIM, se figur 8.

Studier av Rekve og Hjelseth (2021) bekrefter at BIM oppfattes hovedsakelig som et verktøy.

Det er kun de som sitter for en PC som jobber med BIM.

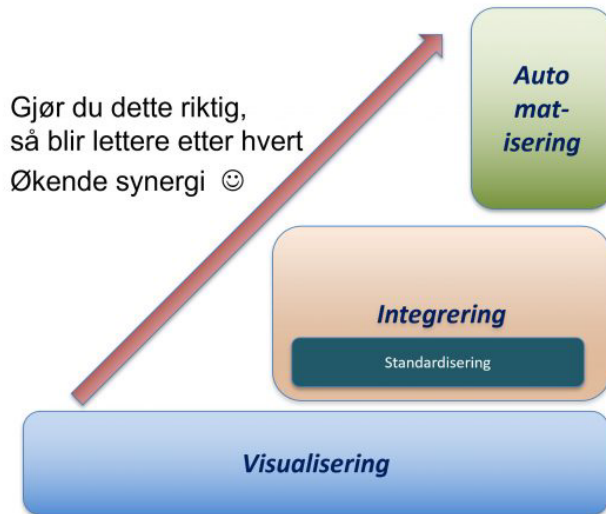
Flere programmer og større/flere skjermer = Desto mer jobber du med BIM

Bruker du IFC, så jobber du med åpenBIM – som alle kan bruke til alt!.

BIM er en 3-D modell med informasjon – der man bare kan berike modellen med å legge inn mer og mer informasjon...

Dette er ikke «feil» – det er bare lite «formålstjenlig» nå du skal samspille med andre mennesker og maskiner. Man må ha en bredere og dypere (høyere) forståelse av digitalisering!

Utvikling av VIA



Kilde: Ellif Hjelseth, NTNU, 2023

- BIM er ikke godt nok forstått som **informasjonsmodellering**
- - ing => prosess
- **Automatisering**
 - helt eller delvis automatisere av innhenting, bearbeiding, deling og presentasjon av informasjon
- **Integrering og Standardisering**
 - koble sammen ulike kilder med informasjon
 - standardisering gir grunnlaget for skalering
- **Visualisering**
 - ha oversikt over dine data slik at dette blir nyttig informasjon
 - presenter denne informasjon på en forståelig måte: Tall, Tekst og GRAFIKK

Figure 9. Visualisering – Integrering – Automatisering

VIA bidrar til en ny måte å tenke BIM – som bygger videre på det du allerede har og gjør.

For å få til det gode samspillet som VDC prosjekter er kjent for, så trenger vi bedre digitale løsninger.

Det er fortsatt mye digitalt manuelt arbeid for å innhente informasjon fra ulike kilder (ikke alt ligger i BIM filen), og presentere dette på en effektiv og forståelig måte for ulike brukere.

En informasjonsmodell har kapasiteten til å integrerer informasjon

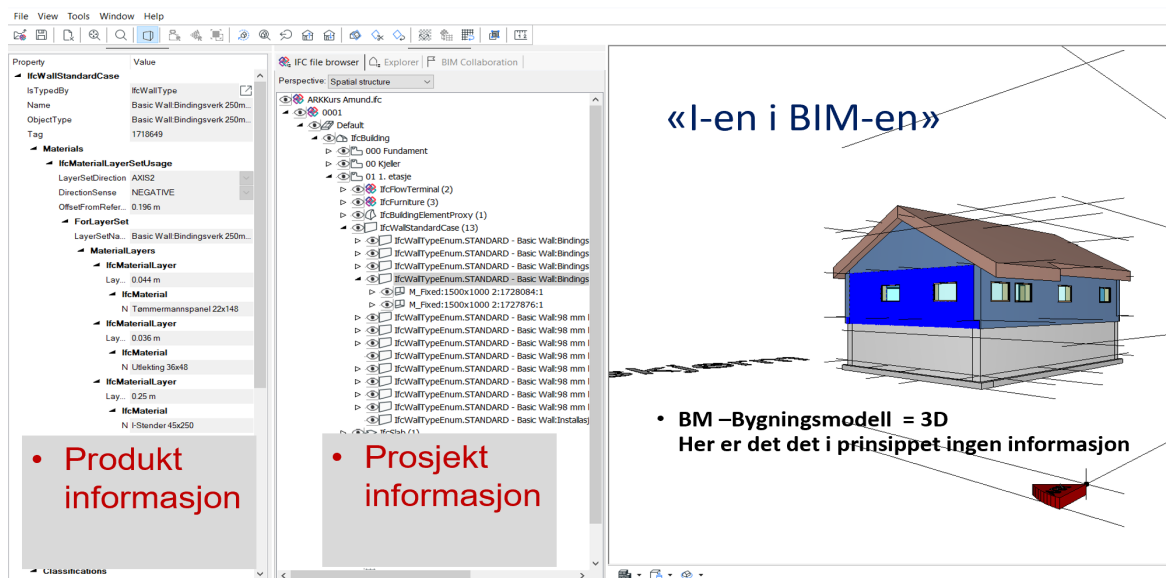
- når det blir lagt til rette for dette
- og det er nettopp dette man gjør ved å «tenke VIA i stedet for BIM».

3.2 BIM = Produkt modellering + Prosessmodellering

Bedre megaprosjekter har stort fokus på prosjektledelse. Dette medføre at informasjonsbehovet er knyttet til PROSESSER. Dette informasjonsbehovet er vesentlig forskjell fra det man trenger for prosjekteringsledelse.

Produktmodell:

Når man får presentert BIM så er dette ofte løsninger knyttet til 3D modeller med informasjon om de materialene eller produktene som inngår i det som skal bygges. Dette her hovedsakelig produktmodellering (produkt- og prosjektdata), se figur 10.

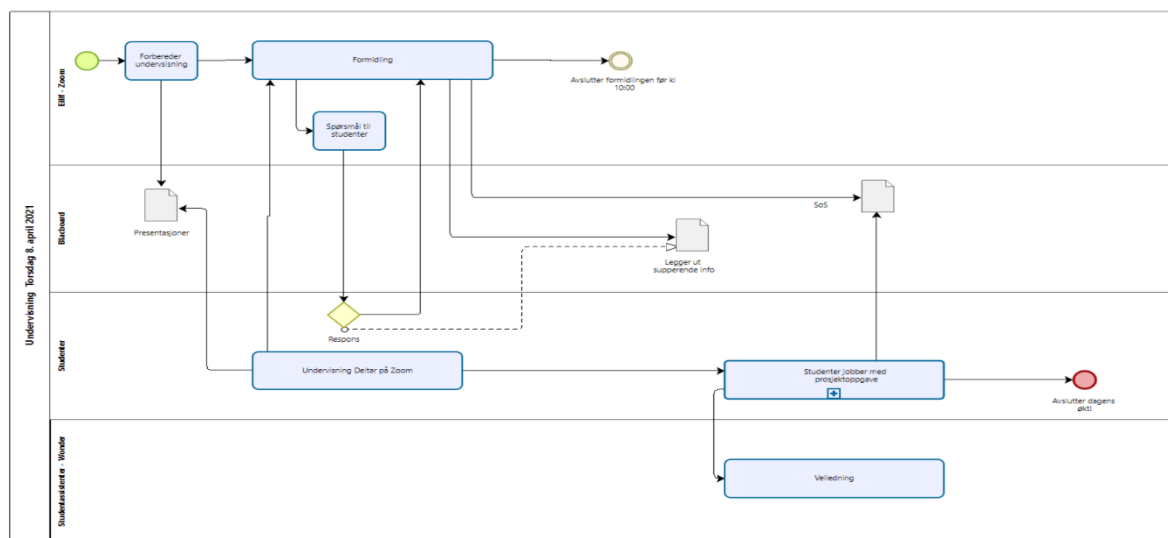


Figur 10 . BIM – Bygningsinformasjonsmodell, her representert som en som produktmodell

Prosessmodell:

Prosjektledelse her fokus på prosessen -> prosessmodellering. Prosessmodeller kalles ofte for prosesskart, der leveransen er ett (eller flere) prosesskart, se figur 11.

Det er ikke innholdet som er det sentrale, men relasjonene mellom aktivitetene.



Figur 11. BIM – Bygningsinformasjonsmodellering, her representert som en som en prosessmodell

En av de enkleste måtene med å forbedre samarbeidet er å utarbeide et prosesskart som viser sammenhengen mellom arbeidsoppgavene.

Prosesskart gir en grafisk fremstilling av hvem som deler informasjon til hvem, og til hvilken tid. Dette gir en mer oversiktlig fremstilling enn bare en tekst kan gi. Alle deler ikke all informasjon med alle, men relevant informasjon med utvalgte roller. Prosesskart er til stor hjelp for å få oversikten. Det vil ofte være behov for flere prosesskart. For å få god oversikt, bruk store ark eller digital form der man kan zoome inn/ut. Metodikken bygger på: - Business Process Model and Notation BPMN-standarden.

Prosesskartet inneholder ikke alt – men det gir en oversikt over alt. Det er derfor et paradoks at man ikke starter med å få oversikten – og deretter se hvor «lite» man trenger å gjøre på de andre nivåene. Velg rett «målestokk» på kartet. På samme måte som vanlige kart er i ulik målestokk, så er prosesskartene i ulik detaljeringsgrad. Legg i inn en 'pluss' i en av delprosessene, og tegn et eget, detaljert prosesskart for dette.

Tips: Lag to prosesskart: Ett for dagens situasjon, og ett for foreslått løsning

3.3 Digitalisering krever samarbeid mellom alle temaer i Bedre megaprojekter

BIM og BIM-praksis – hva du ser, og hva du kan gjøre

BIM er ikke bare å legge inn mer informasjon og få inn flere (produkt)egenskaper til hvert objekt/bygningsdel.

- Informasjonen må benyttes på en måte som gir verdi for prosjektet.
- Det er sentralt å fokusere på **informasjonsledelse** og utvikling av **nye prosesser**, for å få **nytte av BIM i praksis**, ikke bare i bruk av **programvare**.

Figur 12. viser at BIM krever handling, og at det ofte er bare en liten del vi har begynt å utnytte i byggenæringen.



Det er ofte her man undervurderer hvor mye som egentlig kreves for å få gjennomførte de tiltak som må til for å få til reelle endringer i hele BAE-næringen.

Alle andre tema i «Bedre megaprojekter» kan bidra til å løse/forbedre mye av det som ligger under overflaten!

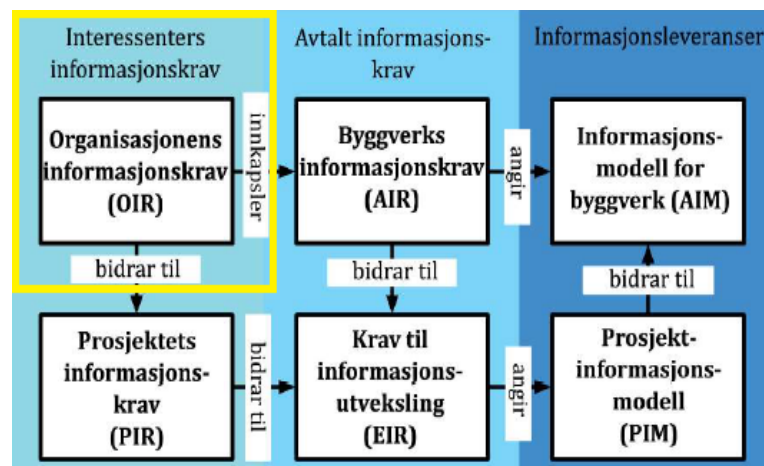
3.4 Informasjonsledelse – NS-EN-ISO 19650

Programvare vs Data

Når man omtaler BIM så beskriver man hovedsakelig hvilke programmer som benyttes, og hvordan man utveksler informasjon. Informasjon har verdi. I 1985 skrev professor Michel E. Porter og rådgiveren Victor E. Millar en artikkel i Harvard Business Review en artikkel om «How Information Gives You Competitive Advantage» Du kan lese mer på:

<https://hbr.org/1985/07/how-information-gives-you-competitive-advantage>

NS-EN-ISO 19650 serien med standarder gir koblingen mellom prosjektledelse og Informasjonsledelse – og konkretiserer definerte informasjonsleveranser, se figur 13.



Figur 13. Oversikt over typer av informasjonsleveranser i NS-EN-ISO 19650

Dette er et stort tema, slik at vi henviser til Prosjekt Norge – «Arena for digitalisering» for mer info <https://prosjektnorge.no/ikt-bransjeklynge/>

Digitalisering av byggenæringen betyr at man med mer relevant informasjon kan gjøre de beste valgene av løsningene, gjennom hele byggprosjektets livssyklus; prosjektering, bygging og drift.

RIF har vært med å utvikle en veileder: **BIM and ISO 19650 from a project management perspective** https://www.efcanet.eu/sites/default/files/2020-01/390764_BIM%20booklet.pdf

Med tanke på utvikling av KI kan NS-EN-ISO 19650 kan bidra med god oversikt over egne data for utvikling av datasett for videre KI baserte løsninger.

3.5 Digital modenhet (BIM og KI)

Kartlegging av digital modenhet er spesielt viktig der man etterspør KI.

Plan for utvikling av modeller for digital modenhet

Det er planer om å utvikle et rammeverk med tre elementer:

- Teknologikunnskap,
- Organisatorisk forankring og
- Kartlegging av datasett).

Dette vil bidra til bedre bestillerkompetanse av forskningen, bedre forståelse av koblingen oppgave og teknologi.

En annen effekt er at partnere starter med mer grunnleggende problemer med egen organisering før de etterspør digital løsning få understøtte dette.

Bruk av rammeverket i Bedre megaprojekter

På grunn av stor bredde i digital kompetanse og løsninger bildet bare behov for å gjennomføre ulike modenhets kartlegginger på partnere (virksomhet) og caseprosjektnivå. Første trinn er at utvikles en egen serie med seminarer og workshop for alle i Bedre megaprojekter. Neste trinn er møter med hvert enkelt partner der man identifiserer relevante problemstillinger og caseprosjekter. Tredje tinn er at vi går inn i de caseprosjektene som er beste egnet, slik at resultatene fra disse kan komme flest andre til gode. I forhold til å starte med de første som har meldt inn en problemstilling, så vil denne tilnærmingen gjør at det blir lettere å koordinere ulike aktiviteter og ressurser samt og i kompetanseoverføring fra prosjekt til prosjekt.

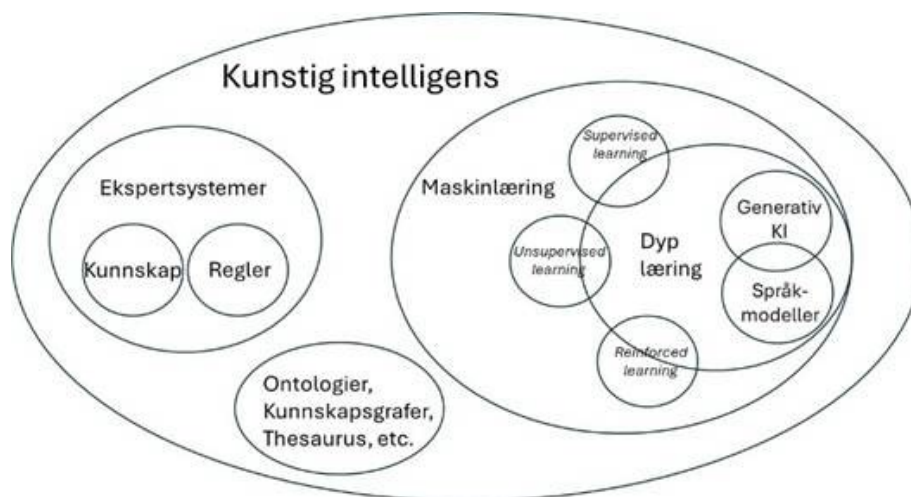
Hvis svaret er KI, hva var problemet som skulle løses med hvilke ressurser?

4 Kunstig intelligens (KI)

Kunstig intelligens er en gren innenfor datateknologien, der en bruker datatekniske metoder til å utføre oppgaver som tidligere krevde menneskelig intelligens. Systemene prøver å etterlikne menneskers kognitive ferdigheter i f.eks. problemløsning og beslutningsprosesser, og de underliggende strukturene er ofte inspirert av teorier fra biologien. Sentralt i data-drevet kunstig intelligens – også kalt *maskinlæring* – er systemenes evner til selv å formulere regler og prinsipper for å løse problemer eller generere innhold. Mens en i tradisjonelle datasystemer programmerer inn systemenes oppførsel, bruker maskinene i kunstig intelligens massive sett av eksempler (treningsdata) til selv å utlede algoritmene som gir den ønskede oppførselen. Sammenliknet med tradisjonelle metoder fra Data Science skiller teknikkene fra kunstig intelligens seg ut på en måte som ofte omtales som et paradigmeskifte i den datateknologiske verden:

- *Generiske teknikker:* Teknikkene i kunstig intelligens definerer ikke en bestemt funksjon eller oppførsel i et system, men snarere en metode for å lære funksjoner og oppførselsmønstre som representeres i en modell. Derfor er teknikkene helt generiske av natur, og en kan bruke de samme teknikkene og arkitekturene til å trekke ut sentimenter fra filmanmeldelser og planlegge vedlikehold av vindturbiner. Læringsteknikkene er ellers ofte godt kjent og dokumentert.
-
- *Store datamengder er nøkkelen:* Kvaliteten til en KI-løsning er ofte gitt ved mengden og kvaliteten på treningsdataene. Det er treningsdataene – og ikke læringsmetoden – som setter rammene for hvor smart den resulterende KI-løsningen blir. Generelt gir mer data av høy kvalitet mer presise beslutninger eller prediksjoner i KI-modellen. Derfor er f.eks. Nasjonalbibliotekets BERT-språkmodell (100 GB norsk treningsdatasett) betydelig bedre enn Googles støtte for norsk i deres multi-lingual BERT (1 GB treningsdata på norsk), selv om Google sitter på både mer kompetanse og mer ressurser innenfor KI.
-
- *Systemene blir smartere over tid:* Unikt for teknikkene i maskinlæring er det faktum at systemene lærer og blir smartere over tid. Rent teknisk skjer det ved at systemet observerer brukernes oppførsel og registrerer hvilken output som gir hvilken feedback fra brukerne. Disse observasjonene gjør det mulig å utvide treningsdataene over tid og slik gjøre KI-modellen enda bedre. Et nyhetsanbefalingssystem gir i starten oftest bare en liste over populære nyheter, men over tid monitorerer systemet hva den enkelte bruker leser og bruker tid på, og dette gir mer presise prediksjoner av hva slags nye artikler leseren kan være interessert i.

En skal ikke underslå at kunstig intelligens omfatter mer enn bare maskinlæring, se figur 14.



Figur 14. Oversikt over typer av kunstig intelligens

- Ekspertsystemer består av regler og definisjoner som formuleres av domeneeksperter. Et ekspertsystem kan ha tusenvis av slike regler, noe som gjør dem kostbare å utvikle og vanskelige å vedlikeholde.
- Ontologier, kunnskapsgrafer og ulike ordlister er en enklere representasjon av kunnskap i form av konsepter og relasjoner mellom konsepter. Til en viss grad kan de genereres automatisk, men domeneeksperter må oftest inn for å fylle ut manglende elementer, korrigere feil og generelt kontrollere kvaliteten på representasjonene.
- I maskinlæring bruker en treningsdata i stedet for domeneeksperter til å avdekke kunnskap.
 - o I tradisjonell maskinlæring må en på forhånd definere hvilke aspekter (features) som skal brukes til å utlede en modell.
 - o I dyp læring klarer systemet selv å abstrahere opp hvilke features som er interessante å representere i modellen. Til gjengjeld trenger en mer treningsdata og mer beregningskraft når en bruker teknikker fra dyp læring. Både generativ KI og språkmodeller baserer seg på arkitekturer fra dyp læring. Mens GPT-, Llama- og Mistral-modellene er eksempler på generative språkmodeller som genererer nytt innhold, er BERT-modellen et eksempel på en ikke-generativ språkmodell som helst brukes til å klassifisere innhold (f.eks. tekstkategorisering, spam-deteksjon, etc.).

Teknikker som *unsupervised learning*, *supervised learning* og *reinforcement learning* er helt sentrale både i tradisjonell maskinlæring og dyp læring. I OpenAI's GPT-modeller bruker f.eks. *unsupervised learning* til å gi modellen generelle språkferdigheter, *supervised learning* til å inkludere resonneringsferdigheter og *reinforcement learning* for å tilpasse modell-output til menneskelige forventninger (*alignment*).

4.1 Kunstig intelligens og modenhet

Kunstig intelligens er en krevende teknologi som stiller store krav til organisasjonens medarbeidere, tilgang til dataressurser, håndtering av data og etiske retningslinjer. Selv om en ofte trekker fram teknologien som en generisk problemløser, må en likevel stille seg noen fundamentale spørsmål før en kaster seg over modellene:

- *Er organisasjonen klar for å ta i bruk kunstig intelligens?*
- *Krever oppgavene at en bruker kunstig intelligens?*

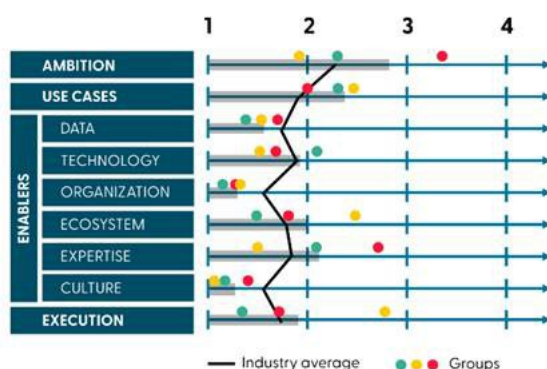
Det er slett ikke gitt at kunstig intelligens er den beste løsningen på en bestemt oppgave eller analyse. Mange analyser – også innenfor prosjektstyring – er av natur tilbakeskuende og lett definerbar fra brukernes side. Det kan være at datakildene er relativt oversiktlige og avgrensede, at en har god forståelse for hvilke statistiske eller kombinatoriske teknikker som bør brukes, eller at hele problemet kan gis en endelig matematisk beskrivelse. Det kan også være at den datatekniske komponenten ikke er den viktigste delen, men kanskje heller hvordan den passer inn og bidrar i et større system eller en større arbeidsflyt, der menneskers bidrag og grensesnittet mellom menneske og maskin er mer kritiske. Kanskje er det også et stort behov for å forstå hvordan konklusjonene ble utledet. Tradisjonell data-analyse og rapportering er billigere og mindre kompetansekrevende, lettere å forklare, kan klare seg med enklere og færre data og forutsetter ikke den samme gjennomgripende digitaliseringen av organisasjonen.

Det er en vanlig misforståelse å tro at kunstig intelligens bare er en ny serie med algoritmer som erstatter de gamle dataprogrammene. Teknologien stiller store krav til både organisasjonen og den enkelte medarbeider. En snakker ofte om data-drevne organisasjoner eller retenking av organisasjoners arkitekturer og arbeidsprosesser (Iansiti & Lakhani, 2020) når en skal integrere KI i egne prosesser. Almeida (2024) legger vekt på lederes ansvar for å forberede organisasjonen ved å (i) sikre kvalitetskontroll av data og modeller, (ii) opprettholde en fleksibel infrastruktur, (iii) balansere intern kompetansebygging med partnerskap og (iv) oppfylle og evaluere integrasjonskrav i organisasjonen. En gjennomgripende digitalisert organisasjon er et godt utgangspunkt for å innføre avanserte KI-modeller i operasjonelle løsninger.

På den tekniske siden blir en veldig avhengig av godt kurerte og tilgjengelige treningsdata, mer compute-ressurser og mer spesialisert teknisk kompetanse. I mange KI-prosjekter går over 90% av ressursene med på å samle inn, formatere, kvalitetssjekke og velge ut treningsdataene som skal legges til grunn for modellene. Dette inkluderer også arbeid med å detektere og fjerne skjevheter og diskriminerende og misledende informasjon i dataene. En ekstra utfordring er at mange maskinlæringsmodeller – og spesielt dyp lærings-modeller – er lite transparente og konklusjoner er vanskelig å grunngi.

Ofte snakker en om hvordan en kan øke en organisasjons KI-modenhet. Det er flere modenhetsmodeller for kunstig intelligens som er tenkt å hjelpe en organisasjon med å jobbe systematisk for å kartlegge egne KI-kapabiliteter, identifisere hull og mulige forbedringer og utvikle roadmaps for bedre å kunne dra nytte av KI. AI Sweden har for eksempel en AI Maturity assessment-prosess som kjøres som en workshop med bedrifter som ønsker å bli bedre på kunstig intelligens. Diagrammet i figur 14. viser hvordan en bedrift vurderer sin modenhet (1-4) på ulike KI-relevante organisatoriske aspekter (enablers), og denne analysen brukes i neste

omgang til å lage en road map for bedriften. Generelt er det mye som tyder på at medarbeiderne er mer positive og klare for KI enn dagens ledere (McKinsey, 2024).

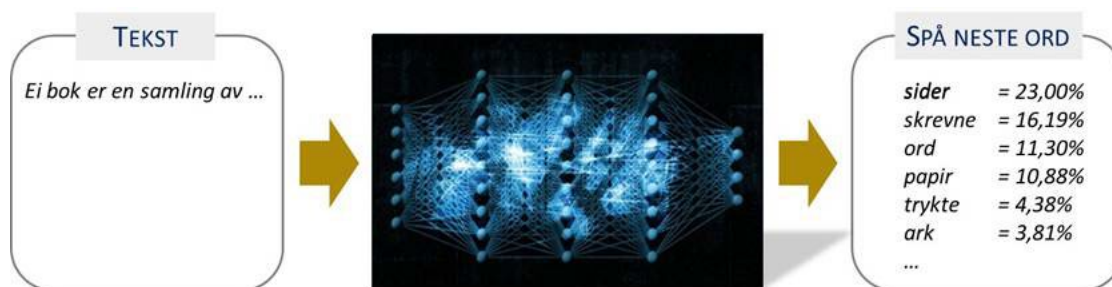


Figur 15. Kartlegging av digital modenhet

Det er lite som er gjort for å kartlegge bruk av KI i prosjektstyring og større byggprosjekter. Et studium av Sahadevan (2023) viser til potensialet for KI i prosjektstyring, men vektlegger også begrensningene med automatisering og behovet for bedre integrasjon av KI i hele organisasjonen. I Mangals (2023) undersøkelser av use cases på tvers av flere domener påpekes det store potensielle gevinster for beslutningsstøtte og produktivitet, forutsatt at en klarer å implementere og integrere KI som del av prosjektstyringsrammeverket, bygger en infrastruktur for tilgjengeliggjøring og kvalitetskontroll av data og har rutiner for å håndtere etiske og juridiske problemstillinger knyttet til teknologien. For byggnæringen spesielt er det gode erfaringer med bruk av generativ KI for prosjektplanlegging og -oppfølging, ressursallokering og risikostyring.

4.2 Generativ kunstig intelligens for Megaprosjekter

Generativ kunstig intelligens er en gren av kunstig intelligens som bruker KI-modeller til å lage nytt innhold som tekst, bilder, videoer og lyd. Modellene er avhengige av store mengder treningsdata som brukes til å beregne en sannsynlighetsdistribusjon for hva som er den mest sannsynlige fortsettelsen på et påbegynt innhold, se figur 16:



Figur 16. Eksempel på prediksjon med generativ kunstig intelligens

I eksempelet over er det mest sannsynlig at systemet fortsetter setningen med «sider», men ulike hyperparametre i løsningen avgjør hvordan systemet velger fra de mest sannsynlige fortsettelsene for å skape variasjon og litt uforutsigbarhet i teksten. Multimodale modeller som DALL-E fra OpenAI fungerer på samme måte, men da med tekst, lyd eller andre formater involvert. Alle disse modellene er *autoregressive*, dvs. at det genererte innholdet i neste omgang brukes til å generere enda mer innhold, som igjen fores tilbake for mer generering inntil en har en fullverdig tekst eller et fullverdig bilde.

Det viser seg at denne enkle genereringsfunksjonen i generative modeller kan utvides med ekstra treningsdata til å utføre langt mer komplekse funksjoner. Når vi ber språkmodellenn om å gjøre noe, sender vi inn en ledetekst (*prompt*) som etablerer en kontekst og gir modellen den nødvendige informasjonen for å produsere en output. Typiske bruksområder for generative språkmodeller er:

- Innholdsgenerering med basis i en ledetekst (prompt)
- Sammendragsgenerering
- Oversettelser mellom språk og tilpasninger av tekst til ulike kontekster
- Informasjonsgjenfinning og søk
- Kvalitetskontroll, moderering og filtrering av tekst og språklige uttrykk
- Chatbots
- Medpiloter (co-pilots) som assisterer eller hjelper medarbeiderne med forskjellige oppgaver
- Agenter er mer komplekse autonome systemer som utfører flere koordinerte oppgaver og kan aksessere mange andre systemer og datasett (f.eks. planlegge en ferietur).

I masteroppgaven til Middleton & Dageid (2024) trekkes det fram fem use cases av spesiell interesse for prosjektstyring : diskusjonspartner, tekstforbedring, møtenotater, sammendrag og arbeidsstrukturering.

Det er imidlertid flere utfordringer knyttet til store språkmodeller:

- Hallusinasjoner: Når modellen ikke har noen klare svar fra treningsdataene eller konteksten fra ledeteksten er for uklar, kan den i noen tilfeller konstruere innhold som ikke har noen rot i treningsdataene. Den gir rett og slett feil svar.
- Mangel på domenekunnskap og kulturell kontekst i modellen
- Utdatert kunnskap: Modellene oppdateres ikke i sanntid og mangler ofte informasjon om nylige hendelser. OpenAI genererer i snitt en ny modell hver 14. måned.
- Mangel på kvalitetsdata: Ettersom en stor del av treningsdataene til de internasjonale språkmodellene kommer fra nettet, inkluderer de også veldig mye data av dårlig kvalitet som kan påvirke det statistiske beregningene på en uheldig måte.
- Ustrukturert representasjon av data: Slik nevralt nettverk er bygd opp, har språkmodellene begrensede evner til å håndtere formelle, matematiske eller logiske kunnskaper.
- Mangel på transparens: Modellene kan i begrenset grad grunngi det genererte innholdet, selv om teknikker som Chain-of-thought (CoT) har gjort modellene bedre til å forklare trinnene i sine resonnementer.

Vi tenker oss ofte at store språkmodeller er litt upålitelige, men veldig iherdige kolleger. De er nyttige som verktøy, men vi kan ikke stole på at det genererte innholde er 100% korrekt.

For prosjektstyring i megaprojekter er det nyttig å reflektere over hva en direkte kan få ut av stor internasjonal språkmodell med systematisk bruk av ledetekster, og hva som kan gjøres for å tilpasse modellene til domenet og klart definerte anvendelsesområder.

4.3 Muligheter med generelle KI-modeller

Språkmodeller som GPT-4, Lama 3 og DeepSeek R1 er helt generiske og kalles ofte *grunnmodeller* (*foundation models*). Det er gjort noen tilpasninger, slik at de for eksempel kan svare på spørsmål eller summere opp en tekst, men tilpasningene tar ikke hensyn til spesifikke behov i de enkelte domenene. Det betyr for eksempel at de har problemer med å generere tekst som passer med terminologien som brukes i legers notater. Ettersom de statistisk er dominert av engelske treningsdata (rundt 90% av treningsdataene er på engelsk), bærer også helt standard norske nyhetssammendrag fra f.eks. GPT-4 noe preg av anglisisme i ordvalg og ordstillinger.

Grunnmodeller kan være aktuelle for megaprojekter. Ledetekster mot grunnmodeller brukes i dag veldig effektivt av flere domenespesifikke applikasjoner (f.eks. i helsevesenet), men en må være oppmerksom på noen problemer knyttet til egne data:

- Ledetekster etablerer en kontekst og brukes til å veilede modellene. Lange og presise ledetekster kan i mange tilfeller være et alternativ til å tilpasse selve modellen til eget formål. Ledetekster kan også inneholde eksempler som språkmodellen kan lære av når den selv skal generere et svar (*few shot learning*). Et eksempel på det er ledeteksten under som gir to eksempler på setningssentimenter før den spør modellen om å identifisere sentimentet til en ny setning:

Determine the sentiment of the following product reviews:

Example 1:

Input: This product is amazing. I love it.

Output: Positive

Example 2:

Input: I am very disappointed with this purchase.

Output: Negative

Your turn:

Input: The quality of this item exceeded my expectation

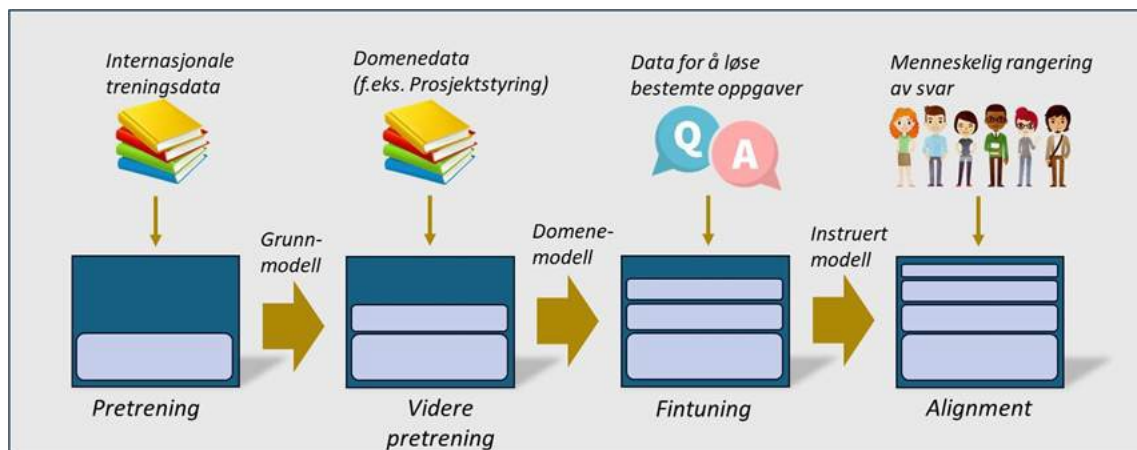
Output:

- Når en bruker internasjonale modeller direkte, må en være klar over at både ledetekster og eventuelle dokumenter som lastes opp kan ende opp i treningsdataene til disse selskapene. Dataene havner på servere utenfor egen kontroll, og det er en fare for at konfidensiell eller forretningskritisk informasjon kan reproduseres når andre bruker modellene. Noen selskaper tilbyr egne avtaler med spesifikke løsninger for å hindre dette, men det er fortsatt noe uklart hvor sikre disse løsningene er og om det i det hele tatt er akseptabelt at slike data ligger i systemer utenfor Norge eller Europa.

Selv om ledetekster er effektive, viser forskningen at en oppnår mye ved å tilpasse modellene til det enkelte domenet og/eller de bestemte anvendelsene en trenger.

4.4 Muligheter med domenetilpassede KI-modeller

De siste årene er det eksperimentert mye med videre pretrening og fintuning av store grunnmodeller for å bedre kvaliteten på språkmodellene, se figur 17:



Figur 17. Trinnene i utvikling av domenetilpassede KI-modeller

- Videre pretrening: Dette er en teknikk for å tilpasse en eksisterende språkmodell til terminologien i et bestemt domene. Teknikken er *unsupervised*, dvs. at det bare er ren tekst som fores inn i læringsalgoritmen uten noen form for vurdering av kvalitet eller egnethet. Hvis en vil lage en modell for prosjektstyring, kan en ta en eksisterende Meta- eller Mistral-modell og videre pretrene den med store mengder prosjektdokumenter. Erfaringene med denne teknikken er generelt gode. Eksperimentene i Rosa (2025) viser at Mistral-modellen ble betraktelig bedre på norsk etter at den ble foret med flere norske dokumenter fra Nasjonalbiblioteket.
- Fintuning: Dette er en *supervised* teknikk for å lære modellen til å utføre en bestemt oppgave. Det kan f.eks. være å svare på spørsmål, lage sammendrag eller rapporter eller foreslå forbedringer av tekst. En må da lage et eget datasett med eksempler på hvordan oppgaven skal løses, f.eks. en rekke spørsmål/svar-par eller eksempler på oversettelser mellom språk eller forbedringer av språklige uttrykk. Det er en substansiell kostnad i å lage slike datasett, men de trenger ikke nødvendigvis å være veldig store. Etter at Schibsted Media brukte NorwAls norsk-tilpassede språkmodell og laget et sammendragsdatasett med rundt 10,000 eksempler, klarte de å generere nyhetssammendrag som var bedre enn både GPT-4s sammendrag og journalistene egne (Brasethvik, 2024). Selve modellen var bare på 7 milliarder parametre.
- Alignment: Under alignment-prosessen bruker en typisk reinforcement learning for å sikre seg at modellene velger formuleringer og innhold som svarer til brukernes forventninger. Det er store menneskelige ressurser som må inn for å rangere store mengder svar. For et profesjonelt domene som prosjektstyring, der en kan forvente at brukerne kan håndtere uventede og uakseptable svar av og til, vil en normalt ikke bry seg om dette trinnet.

Det er interessant å merke seg at relativt små fintunedede, instruksjonstunede modeller fort blir bedre enn de store internasjonale modellene for de oppgavene de tilpasses for. Dette har to store fordeler for et domene som megaprojekter:

- Siden en kan ta utgangspunkt i relativt små modeller (typisk 7-11 milliarder parametre), er det mulig å pretrene og fintune disse modellene i Norge uten tilgang til ekstremt kostbare infrastrukturer og GPU-er. Både Sigma2s og NTNUs HPC-infrastruktur har blitt brukt til dette formålet.
- Modeller av denne størrelsen kan ofte kjøres lokalt i egne trygge omgivelser. Da er det mulig å legge inn treningsdata som er av mer forretningskritisk eller sensitiv natur, siden modellene ikke er tilgjengelige utenfor egen organisasjon.

For å adresse utfordringer knyttet til hallusinasjoner, utdaterte eller sensitive interne data har også mange begynt å ta i bruk *Retrieval-Augmented Generation* (RAG). RAG er en teknikk som kombinerer generative språkmodeller med informasjonsgjenfinning for å forbedre nøyaktigheten og relevansen av svarene de genererer. Enkelt forklart består RAG av tre separate trinn:

1. *Informasjonshenting*: Etter at brukerne har stilt en spørsmål, henter modellen og relevante dokumenter fra en ekstern kunnskapsbase eller database.
2. *Augmetering*: Den hentede informasjonen brukes til å berike brukerens spørsmål med mer kontekst, slik at modellen har mer presis informasjon å jobbe med.
3. *Generering*: Til slutt genererer modellen et svar basert på både brukerens spørsmål og den hentede informasjonen.

I en megaprojektkontekst kan en for eksempel tenke seg at selve språkmodellen behersker regelverk, standarder og terminologier, mens sensitive prosjektdata hentes ut fra en ekstern kunnskapsbase for å svare på spørsmål og generere rapporter. Selv om språkmodellen brukes av flere, kan ingen andre aksessere disse prosjektdataene, og svarene fra modellen er akkurat så oppdatert som den eksterne prosjektdatabasen.

4.5 Eksterne ressurser

En informativ introduksjon kan finnes på "**AI in AEC HUB**", som gir en oversikt over over **1 500 KI-verktøy for AEC/FM-industrien**:

 [AI in AEC HUB](#)

Presentasjon av Stjepan Mikulić fra *AI in AEC* gir en introduksjon til bruk av KI-verktøy i AEC/FM:

 [Se presentasjonen her](#)

Tema 2 jobber med utviklingen av en **norsk språkmodell (LLM) tilpasset prosjektledere**. Vi tar derfor med en egen presentasjon av LLM. Når det gjelder utvikling av LLM for prosjektledelse, så vil dette bli presentert i de månedlige rapporter.

5 Prinsipper for digitalisering i organisasjoner

5.1 Behovet for en helhetlig tilnærming

Digitalisering representerer en muliggjører for endring i en historisk sett stagnert, men svært innflytelsesrik sektor – bygg- og anleggsindustrien. Denne industrien består av midlertidige nettverk som betjener behovene til permanente eier-/driftsorganisasjoner. **Kostnaden ved dårlig digitalisering er oppmerksomhet.** Uten digitalisering kan store mengder ustrukturert eller varierende strukturert informasjon føre til merarbeid og sløsing, noe som begrenser bærekraft.

Alle prosjekt- og organisasjonsfunksjoner krever data, og digitalisering spiller en rolle i å koble funksjoner til metoder og prosesser for å oppnå organisatoriske mål. Derfor har ledelse en betydelig rolle i å muliggjøre definisjonen av prosesser som øker verdirealisering fra investeringer i digitalisering. Megaprojekter representerer en mulighet til å påvirke eksisterende praksis på grunn av omfanget av implementeringen av prosedyrer på programnivå, både på kort og lang sikt.

Eksisterende akademisk kunnskap om digitalisering, megaprojekter og prosjektledelse ble gjennomgått. Av 205 artikler var det kun fire som var relevante for digitalisering i megaprojekter. Majoriteten av litteraturen innen AEC (arkitektur, ingeniørfag og konstruksjon) fokuserer på tradisjonelle prosjekter.

Det er diskutert hvor mye av den eksisterende kunnskapen fra tradisjonelle prosjekter som er anvendelig på megaprojekter. Det finnes begrenset litteratur om hvordan digital implementering kan skaleres fra tradisjonell prosjektgjennomføring til megaprojekter.

«Helheten er større enn summen av delene» – overgangen i kompleksitet fra tradisjonelle prosjekter til megaprojekter er ikke lineær. For eksempel skjer det en fullstendig endring i sosiale dynamikker: Tradisjonelle prosjekter kan basere seg på eksisterende relasjoner og avhengigheter som håndteres sosialt, mens megaprojekter involverer store grupper mennesker som ikke har mulighet til å bygge relasjoner og derfor må stole på organisatoriske funksjoner for å håndtere gjensidige beslutninger. Det har blitt observert i tidligere megaprojekter at spenninger kan oppstå dersom praktikere anvender kunnskap fra tradisjonelle prosjekter på megaprojekter uten å vurdere konsekvensene av en beslutning for andre deler av megaprojektet. Derfor spiller den enheten som knytter sammen funksjonene i megaprojektet en kritisk rolle i å sikre kvalitet og unngå motstridende beslutninger og spenninger. I et stort system av mennesker, prosesser og verktøy har digitalisering en viktig rolle i å håndtere disse avhengighetene.

Digitalisering omfatter prosessene mennesker bruker for å generere og utnytte data til å ta beslutninger. Dette kan variere fra digital støtte til delvis eller fullstendig automatiserte prosesser. Teknologi er ikke digitaliseringens kjernepunkt – det er prosessene for hvordan den brukes. Det er imidlertid viktig å merke seg at eksisterende teknologier kan begrense definisjonen av prosesser, ettersom mange av teknologiene som brukes i bransjen er utviklet av tredjepartsleverandører som ikke har en direkte tilknytning til bransjen. Derfor bør enhver tilnærming til digitalisering ta hensyn til eksisterende teknologier når prosesser defineres. Dette betyr at kjennskap til eksisterende teknologier er viktig i for ledelse og utvikling av nye prosesser.

5.2 Digitalisering er mer en teknologi – Tankesett og motivasjon

Prosjekt- og forretningsmodeller påvirker praktikerens tankesett og motivasjon; de innfører operative begrensninger som begrenser evnen til å få tilgang til kunnskapsgrunnlaget på tvers av funksjoner og domener.

Utfordringen i bygg- og anleggsbransjen er at prosesser ofte er utformet med kortsiktig tenkning, ettersom de fastsettes av prosjektmedlemmer som er ansatt på kortsiktige kontrakter. For å maksimere effekten av digitale data er det nødvendig med en endring i tankesett og motivasjon. Typisk innebærer forretningsmodellen et kort tidsperspektiv, og motivasjonen til prosjektteamene kan stå i kontrast til tidshorizonten til eier-/driftsorganisasjonene. Dette ble tydelig demonstrert i Heathrow Terminal 5-prosjektet, der forretningsmodellen ble endret til en eier-/driftsenhet som inkluderte alle prosjektteamene. Dette muliggjorde endringer i eierens maktstruktur og skapte en enhetlig motivasjon. Den tradisjonelle klient-leverandør-relasjonen ble erstattet av en integrert modell der prosjektteamene ble en del av eiers organisasjon, noe som reduserte transaksjonskostnadene mellom team og eiere.

Prossesser som dikterer data som påvirker eierorganisasjonen, bør styres av eierorganisasjonen gjennom standardisering, men med fleksibilitet basert på eierens/driftsoperatørens behov. Det er viktig å huske at en tilbakemeldingssløyfe med prosjektteamene er nødvendig for å muliggjøre forbedringer i standarder og krav. Samspillet mellom kunnskapsstyring, informasjon, prosjekt- og organisasjonsmodeller bør vurderes for å legge til rette for tilbakemeldingssløyfer, tverrfaglig kunnskapsutveksling, standardisering og fleksibilitet.

Kunnskap og praksis i forsyningskjeden er fragmentert og mangler sammenheng. Dette innebærer at meningsdefinisjon og standardiserte prosesser må være sentrale i organiseringen av et megaprojekt. På samme måte som i Heathrow T5-prosjektet, bør eieren av anlegget lede endringsledelsen gjennom hele megaprojektet gjennom en balansert kombinasjon av hierarkisk og heterarkisk¹ ledelse, muliggjort av dynamiske kapabiliteter gjennom en distribuert endringsledelsesfunksjon. En balanse er nødvendig for å håndtere spenninger (forskjeller i praksis), eskaleringsmekanismer for rask tilbakemelding og frihet for prosjektfunksjoner til å innovere.

Digitalisering bør betraktes som strategiske prosesser som brukes til å tilpasse, integrere og omstrukturere organisasjonens respons på raskt skiftende behov i megaprojekter gjennom læring og kunnskapsstyring. Måten endring håndteres på er avgjørende for å minimere motsetninger og håndtere spenninger med autoritet. Effekten av prosesser fastsatt gjennom styring må kontinuerlig overvåkes for endring og implementeres gjennom effektiv kommunikasjon, avhengig av hvilke interesser som blir påvirket.

Endringsledelsesfunksjonen er også en som kobler digitalisering til megaprojektets ledelsesfunksjon. Digitalisering innebærer også følsomme beslutninger, for eksempel valg av leverandører og informasjonssikkerhet, som kan ha vidtrekkende konsekvenser for prosjektet.

¹ Heterarkisk ledelse: Heterarkiske strukturer er spesielt nyttige i komplekse miljøer som megaprojekter, digital styring, AI-systemer og tverrfaglig forskning, der tilpasningsevne og tverrfaglig samarbeid er avgjørende. Begrepet heterarkisk refererer til et organisasjonssystem der elementer har flere, ikke-hierarkiske forbindelser og relasjoner. I motsetning til et hierarkisk system, hvor autoritet og kontroll flyter ovenfra og ned i en rigid struktur, tillater et heterarkisk system. Det vil utarbeides et eget notat på temaet.

5.3 Avgrensning av 'hva' og 'hvordan' – behovet for eierstyring

Digitalisering representerer 'hvordan' man oppnår 'hva' som er fastsatt i organisasjonens mål. Manglende fokus på eierstyring (governance) fra oppstarten av et megaprojekt kan begrense verdien som realiseres fra digitale investeringer. En av de største utfordringene innen digitalisering er å definere 'hvorfor', 'hva', 'når' og 'hvordan' informasjon er nødvendig fra leverandører. Dette skyldes den fragmenterte og kortsiktige involveringen av leverandører i prosjekter, samt variasjoner i kompetanse og begrenset kunnskapsutveksling mellom ulike fagområder. Derfor er det behov for en enhet som kan forvalte kunnskap helhetlig og knytte sammen praksisene fra de ulike fagområdene med klientens standarder gjennom eierstyring.

Det finnes flere standarder som kan støtte organisasjoner i prosessen med å definere informasjonskrav. For eksempel kan **ISO 19650** ramme inn koblingen mellom eier-/driftsbeslutninger og hva slags informasjon som trengs, hvordan den skal representeres, og hvor den kan finnes. Informasjonsdetaljerings kan spesifiseres gjennom **ISO 7817-1**, som gir et rammeverk for å definere informasjonsbehov for objektbasert informasjon. Kunnskapen som kreves for å definere disse kravene, må hentes fra fageksperter, og avhengigheter mellom fagområder må styres gjennom eierstyring.

'Hva' i megaprojekter utvikler seg og modnes etter hvert som forståelsen av problemstillingen øker. Når forståelsen endres, endres også 'hva'. I megaprojekter er balansen mellom standardisering og fleksibilitet i klientorganisasjonens eierstyring-strukturer avgjørende for å fastsette rammene for hvordan informasjon struktureres og brukes. Tradisjonelt gjøres dette gjennom komiteer og møter, men i et megaprojekt er det diskutabelt om dette er en effektiv metode for å koble eksperter til prosessdefinisjoner. I økende grad benyttes digitale støttesystemer for å koble fageksperter til spesialister før beslutningsmøter som fokuserer på avhengigheter.

Risikoen ved å ikke etablere eier-/driftsstyrte prosedyrer med et langsiktig perspektiv er at store mengder informasjon som produseres på projektnivå, ikke blir standardisert mellom prosjekt- og organisasjonsfunksjoner, og dermed ikke vil oppfylle eierens eller operatørens langsiktige behov. Ofte kommer standardisering sent inn i megaprojekter som følge av at praktikere undervurderer kompleksiteten i megaprojekter og baserer prosessene på tidligere erfaringer fra tradisjonelle prosjekter. Risikoen ved å ikke starte standardiseringsprosessen tidlig er at det kan føre til spenninger mellom praktikernes taushetskunnskap om eksisterende prosesser og nye standarder/prosedyrer som introduseres senere i prosjektet.

Samtidig er fleksibilitet viktig for å ikke begrense innovasjonskapasiteten. Eierstyring i megaprojekter bør sees som **heterarkisk**, ettersom kunnskapsdomener er distribuert i et stort, interorganisatorisk nettverk. For å støtte denne tilnærmingen kan eierstyring-prosesser digitaliseres gjennom webbaserte databaser som kobler eksperter til prosesskunnskap, definert gjennom standardiserte terminologier og koblinger til globale og lokale standarder.

5.4 To perspektiver: modellbasert og dokumentbasert

I litteraturen om digitalisering finnes det to dominerende tankeskoler: **modellbasert** og **dokumentbasert** informasjon. Dette innebærer at informasjon enten finnes inne i modeller eller i dokumenter som er lagret i et felles datamiljø (*Common Data Environment*, CDE), hvor dokumentene administreres gjennom metadata, men ikke nødvendigvis er koblet sammen.

Dokumentbasert informasjon har tradisjonelt vært den vanligste måten å organisere informasjonsutveksling på. Dette er en velkjent praksis og blir ikke ytterligere beskrevet i denne rapporten.

Modellbasert informasjon består av geometrisk og alfanumerisk objektbasert informasjon som brukes i ulike verktøy gjennom prosjektets livssyklus, avhengig av formål, brukerens kompetanse og tilgjengelige verktøy. Det er viktig å merke seg at designet av disse verktøyene som regel bestemmes av leverandører som er tredjeparter i byggeprosessen, noe som skaper begrensninger for hvilke prosesser organisasjoner i prosjektets livssyklus må vurdere når de fastsetter prosedyrer for levering og produksjon.

For at informasjon skal kunne være **interoperabel** mellom ulike teknologileverandørers produkter, spiller **IFC (Industry Foundation Classes)** en sentral rolle. Likevel bør både eksport- og importprosesser vurderes og testes før valg av egnede verktøy. Modellbasert informasjon brukes blant annet til **modellkoordinering, planlegging, kostnadsestimering, HMS, energianalyse og fasilitetsstyring**. Det er verdt å merke seg at noen av disse bruksområdene ikke nødvendigvis krever en geometrisk representasjon for å utføre alle oppgaver.

Modellbasert informasjon i de tidlige stadiene av et prosjekt (konseptdesign) er ofte begrenset og løsrevet fra de senere fasene, ettersom modelleringsverktøyene er utviklet for å inkludere stadig mer detaljert informasjon.

Disse to tankeskolene begynner imidlertid å **smelte sammen**, ettersom praktikere innser at geometriske representasjoner har begrenset nytteverdi, spesielt i **driftsfasen** av et bygg, og på grunn av behovet for å automatisere **karbonrapportering** for å oppfylle EU-regelverk. Dette reiser spørsmålet: **Bør data være en del av den geometriske modellen, eller eksternt koblet til den geometriske representasjonen?** Dagens praksis har vært å berike modellen med data.

Ettersom bygg- og anleggsnæringen omfatter mange forskjellige kunnskapsdomener og praksiser, er det imidlertid usikkert om denne tilnærmingen gjør data mindre tilgjengelig for leverandører som ikke er kjent med designverktøy.

Dette leder til spørsmålet om **håndtering av kunnskap på tvers av kunnskaps- og praksisområder**, der enkelte data er nødvendige for flere organisatoriske funksjoner. Forventninger og taushetskunnskap knyttet til data varierer mellom fagområder og funksjoner. Derfor blir **definisjon av språk og måten data representeres på** avgjørende.

For å balansere forventninger og krav kan eierstyring av språk og definisjon av datastandarder muliggjøre juridisk, organisatorisk, semantisk og teknisk interoperabilitet. Derfor er det verdt å undersøke hvordan informasjon fra modeller og dokumenter kan administreres og kobles sammen (**linked data**) ved hjelp av **distribuerte databaser og API-er**.

6 Referanser og faginfo for videre studier

Denne oppdateres fortløpende

Almeida, I. Introduction to LLMs for Business Leaders. Now Next Later AI. 2024.

Brunet, M. and Cohendet, P., 2022. Transforming construction: heterarchical megaproject ecologies and the management of innovation. *Construction management and economics*, 40(11-12), pp.973-986.

Brasethvik, T. Safe applications of large language models. Presentert på konferansen NorwAI Innovate, September 2024, Trondheim.

Brunet, M., 2019. Eierstyring-as-practice for major public infrastructure projects: A case of multilevel project governing. *International journal of project management*, 37(2), pp.283-297.

Davies, A., Dodgson, M. and Gann, D., 2016. Dynamic capabilities in complex projects: The case of London Heathrow Terminal 5. *Project management journal*, 47(2), pp.26-46.

Evans, M. and Farrell, P., 2021. Barriers to integrating building information modelling (BIM) and lean construction practices on construction mega-projects: a Delphi study. *Benchmarking: An International Journal*, 28(2), pp.652-669.

Evans, M., Farrell, P., Mashali, A. and Zewein, W., 2021. Critical success factors for adopting building information modelling (BIM) and lean construction practices on construction mega-projects: A Delphi survey. *Journal of engineering, design and technology*, 19(2), pp.537-556.

Iansiti, M. And K. R. Lakhani. Competing in the age of AI. Harvard Business School. 2020.

Mangal, A. Revolutionizing Project Management with Generative AI. ESP Journal of Engineering 6 Technology Advancements. Vol. 3, Issue 4, December 2023, pp. 53-60.
<https://www.espjeta.org/Volume3-Issue4/JETA-V3I8P106.pdf>

Middleton, T. and H. V. Dageid. The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Project Management. Master's thesis, University of Agder, 2024. <https://uia.brage.unit.no/uia-xmlui/bitstream/handle/11250/3140689/no.uia%3Ainspera%3A229818957%3A49932792.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Murray, M., 2003. Rethinking Construction: The Egan Report (1998). *Construction Reports 1944–98*, pp.178-195. (Old – but still going strong)

Rosa, J. de la et al. The Impact of Copyrighted Material on Large Language Models: A Norwegian Perspective. The Joint 25th Nordic Conference on Computational Linguistics and 11th Baltic Conference on Human Language Technologies (NoDaLiDa/Baltic-HLT 2025), Tallinn, 2-5 mars 2025.

Sahadevan, S. Project Management in the Era of Artificial Intelligence. European Journal of Theoretical and Applied Sciences. June 2024.

Turk, Ž., 2016. Ten questions concerning building information modelling. *Building and environment*, 107, pp.274-284.

Turk, Ž., 2020. Interoperability in construction–Mission impossible?. *Developments in the Built Environment*, 4, p.100018.