

Sander Støen  
Peder Monrad Christensen

## Digitale prosesser i endring

Systematisk kartlegging av automatiseringsgrad  
for økt bevissthet

Masteroppgave i Prosjektledelse  
Veileder: Eilif Hjelseth  
Juni 2020



Sander Støen  
Peder Monrad Christensen

## **Digitale prosesser i endring**

Systematisk kartlegging av automatiseringsgrad for  
økt bevissthet

Masteroppgave i Prosjektledelse  
Veileder: Eilif Hjelseth  
Juni 2020

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



**NTNU**

Kunnskap for en bedre verden



# Sammendrag

Metodene i denne studien bidrar til å øke bevisstheten rundt behovet for å kartlegge konkrete muligheter for automatiserte prosesser hos rådgivende ingeniører, arkitekter og entreprenører. Den stadige økende kompleksiteten i prosjekter og den økende trenden av tilgjengelige verktøy, samt behovet for bedre og mer effektive prosesser gjør at nettopp man både kan og bør automatisere arbeidsoppgaver der dette er aktuelt. Observasjoner av manuelle og repeterende prosesser har vært en driver som har satt forfatterne på sporet av hvordan man øker automatiseringsgrad for næringen. I tillegg, er det undersøkt om det er andre faktorer enn repetisjon og hvor manuell en prosess er som styrer prosessens automatiseringsrelevans.

Studien er gjennomført med en kombinasjon av litteraturstudie, aksjonsforskning og semistrukturerte intervjuer. Litteraturstudien avdekket av det var gjort lite systematisk innen automatisering av ingeniørfaglige arbeidsoppgaver. Aksjonsforskningen ble gjennomført over fem uker som medarbeidere i et større konsulentselskap. Dette bidro til god innsikt i ingeniørfaglige samarbeidsprosesser og arbeidsmetoder. Selv om det var stor interesse for digitalisering, så var det lav bevissthet for automatisering av arbeidsoppgaver.

For å identifisere konkrete muligheter ble ti av de antatt mest kompetente innen digitalisering og automatisering intervjuet. Her fant forfatterne ytterligere aktiviteter modne for endring. Videre, oppdaget forfatterne flere muligheter og forutsetninger for å ta i bruk visuell programmering i prosjekteringsprosessen.

I løpet av studien, ble det klart at automatisering ikke bare krever investering i teknologi, men at det også påvirker dagens forretningsmodell. Prosesser blir mer effektive, omprosjektering tar kortere tid ved hjelp av verktøy som visuell programmering, og de rådgivende må dermed finne en alternativ metode til å skrive timer.

Studien foreslår konkrete forbedringer av 16 aktiviteter basert på analyse fra aksjonsforskningen og intervjuene med innovatørene. Det er kartlagt automatiseringsgrad for dagens situasjon og mulig fremtidig gjennomføring, og egnethet for automatisering. Erfaringer med metoden for identifisering av automatiseringsgrad anbefales å bli benyttet hos rådgivende ingeniører og andre som vil automatisere digitale arbeidsoppgaver.

For å øke automatiseringsgraden i bransjen må bevisstheten økes og barrierer overvinnes. Barrierer som endringsmotstand og lav teknologisk kompetanse begrenser digital transformasjon. Bedrifter oppfordres til å utrede og vurdere kompetansen og strukturen i eget firma, samt vurdere hvilken posisjon de ønsker å ha i fremtidens byggenæring. Sett i dette perspektivet vil økt automatiseringsgrad være en sentral bidragsyter for å øke konkurransefortrinnet.

# Abstract

The methods in this thesis contributes to increase the awareness of the need to map the opportunities in automating processes for the engineers, architects and contractors. The ever-increasing complexity in projects, the increase in available tools, as well as the need for better and more efficient processes implies that you can and should automate work tasks where applicable. Observations of manual and repetitive processes has been a driver that pointed the authors in the direction of how to increase the degree of automation for the industry. Additionally, it is investigated if there are other factors than repetition and how manual a process is that controls the process' relevance regarding automation.

The study is performed by a combination of literature review, action research, and semi-structured interviews. The literature review revealed that there was little systematic research regarding the automation of engineering tasks. The action research was done over five weeks, as employees in a large consulting company. This contributed to valuable insight into engineering tasks' cooperative processes and workflows. Even though the interest in digitization was present, there was still low awareness around the automation of work tasks.

To identify the specific opportunities, ten of the presumed most competent in digitization and automation was interviewed. The authors here found activities mature for change. Furthermore, the authors discovered opportunities and prerequisites for the use of visual programming in the engineering process.

During this thesis, it was found that automation does not only require an investment in technology, but it also affects today's business. Processes become more efficient, re-engineering takes less time with the use of tools such as visual programming, and the consultants need to find an alternative way of billing.

This thesis suggests 16 specific improvements based on the analysis from the action research and the interviews. The degree of automation is mapped for how the task is performed today and for the planned implementation, as well as the feasibility for automation. Based on the experiences with the methodology for identifying the task's degree of automation, it is recommended as a tool for engineers and others that want to automate digital work tasks.

To increase the degree of automation in the industry, the awareness must be increased, and barriers overcome. Barriers such as resistance to change and low technological competency limit the digital transformation. Companies are urged to investigate and consider their competency and hierarchy, as well as consider what position they want to have in the future construction industry. From this viewpoint, increased degree of automation will be a major contributor to increase the company's competitive advantage.

# Forord

Dette er en avsluttende oppgave av en toårig masterstudie på Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet. Oppgaven er skrevet i emnet TBA4910 Masteroppgave, prosjektledelse, og omfatter 30 studiepoeng.

Digitalt rettede emner i studieperioden, personlige interesser og forfatterens ønske om å utvikle egen kompetanse, er noen av grunnene til at temaet for denne oppgaven ble valgt. Leseren kan forvente mange spennende, fremtidsrettede temaer som omhandler implementering og automatisering av arbeidsoppgaver, både teoretisk og med praktiske eksempler fra bransjeledende firmaer.

Vi ønsker å takke konsulentselskapet, som tillot oss å utføre aksjonsforskning i deres selskap. En spesiell takk til veileder i bedriften, som har tatt seg god tid til oss og inkludert oss i arbeidsmiljøet. Vi vil også takke informantene som har bidratt til at aksjonsforskningen kunne gjennomføres.

Takk til alle som stilte til intervju på kort varsel, for mange gode innspill og presiseringer.

Tusen takk Eilif Hjelseth, vår veileder, for gode innspill, faglige diskusjoner og veiledning. En spesiell takk til hvordan du ledet oss gjennom koronasituasjonen ved å foreslå endring av metode for å nå målene.

# Innhold

SAMMENDRAG .....	V
ABSTRACT .....	VI
FORORD .....	VII
INNHold .....	VIII
FIGURER .....	IX
TABELLER .....	IX
DEFINISJONER OG FORKORTELSER .....	X
<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>1</b>
<b>2 FAGLIG BAKGRUNN .....</b>	<b>3</b>
2.1 ENDRINGSLEDELSE .....	3
2.2 AUTOMATISERINGSGRAD .....	5
<b>3 METODE .....</b>	<b>7</b>
3.1 FORSKNINGSPROSESSENS FASEINDELING .....	7
3.2 LITTERATURSTUDIE .....	8
3.3 AKSJONSFORSKNING .....	9
3.4 INTERVJUER .....	10
3.5 FORSKNINGSETIKK .....	11
<b>4 RESULTAT .....</b>	<b>12</b>
4.1 AKSJONSFORSKNING I ET KONSULENTELSKAP .....	12
4.2 DYBDEINTERVJUER MED INNOVATØRER .....	16
4.3 ULIKE INGENIØRPPGAVERS GRAD AV OG POTENSIALE TIL AUTOMATISERING .....	33
4.4 OPPSUMMERING AV RESULTATENES AUTOMATISERINGSGRAD .....	53
<b>5 DISKUSJON .....</b>	<b>54</b>
<b>6 KONKLUSJON .....</b>	<b>59</b>
<b>7 VIDERE FORSKNING .....</b>	<b>61</b>
<b>8 BIBLIOGRAFI .....</b>	<b>62</b>
<b>VEDLEGG .....</b>	<b>64</b>



## Figurer

Figur 1: The change process (Hayes, 2018). .....	5
Figur 2: IDEF0 (Kim & Jang, 2002). .....	5
Figur 3: Automated Process Metrics (Rashasingham & Hjelseth, 2020). .....	6
Figur 4: Forskningsprosessens tre faser.....	7
Figur 5: Flytskjema for litteratursøket .....	9
Figur 6: The action research process (Hayes, 2018).....	15
Figur 7: Poengskala for endringens egnethet .....	34
Figur 8: Aktivitetenes differanse og egnethet .....	53
Figur 9: Aktivitetenes relative poengsum .....	53

## Tabeller

Tabell 1: Eksempler på søkefraser benyttet i fordypningsprosjektet .....	8
Tabell 2: Intervjuobjekter .....	16
Tabell 3: Poengskala for automatiseringsgrad .....	33
Tabell 4: Forklaring av endringens egnethet .....	34
Tabell 5: Automatiseringsgrad – Eierskap til BIM-objekt .....	36
Tabell 6: Automatiseringsgrad – Deteksjon av utelatte BIM-komponenter.....	37
Tabell 7: Automatiseringsgrad – Utarbeiding av kontrollvisninger .....	38
Tabell 8: Automatiseringsgrad – Modellering av 3D-armering.....	39
Tabell 9: Automatiseringsgrad – Samsvarskontroll mellom FEM og BIM .....	40
Tabell 10: Automatiseringsgrad – Produksjon og gjenbruk av detaljtegninger .....	41
Tabell 11: Automatiseringsgrad – Kollisjonskontroll som genererer løsning .....	42
Tabell 12: Automatiseringsgrad – Eksport av BIM-modell til standardiserte IFC-filer .....	43
Tabell 13: Automatiseringsgrad – Overføring av BIM-modeller mellom konsulentene .....	45
Tabell 14: Automatiseringsgrad – Produksjon av arbeidstegninger i BIM-modeller .....	46
Tabell 15: Automatiseringsgrad – Varierende geometri i BIM-modellen .....	47
Tabell 16: Automatiseringsgrad – Endring av geometri og plassering av BIM-objekter...48	
Tabell 17: Automatiseringsgrad - Mengdeuttak .....	49
Tabell 18: Automatiseringsgrad – Tegningsfri byggeplass .....	50
Tabell 19: Automatiseringsgrad – Dokumentasjon av utført arbeid .....	51
Tabell 20: Automatiseringsgrad – Visualisering av status ved hjelp av MMI.....	52

# Definisjoner og forkortelser

4D-BIM	BIM + Fremdriftsplanlegging
5D-BIM	BIM + Fremdriftsplanlegging + Kostnadsestimering
AI	Artificial Intelligence
API	Application Programming Interface
APM	Automated Process Metrics
AR	Augmented Reality
BAE	Bygg, Anlegg og Eiendom
BIM	Bygningsinformasjonsmodellering
CAD	Computer Aided Design
CDO	Chief Digital Officer
DWG	Drawing, en filtype ofte brukt i CAD-programmer
FEM	Finite Element Method
Generative design	En iterativ designprosess, som endrer på inputverdiene for å generere mange resultater
IDEF0	Metode for funksjonsmodellering
IFC	Industry Foundation Classes, en filtype
IOT	Internet of Things
Konsulentselskapet	Selskapet forfatterne utførte aksjonsforskning ved
KS	Kvalitetssikring
MMI	Modell Modenhets Indeks
Parametrisk design	Proessen ved å designe ved hjelp av parametere
RPA	Robotic Process Automation
Skript	Betegnelse på koder som utfører noe
Superbruker	En person med spisskompetanse innen programvare
VP	Visuell programmering
VR	Virtual Reality

# 1 Innledning

Gjennom denne oppgaven er forfatterne av den oppfatning at det er et stort behov for å automatisere i BAE-næringen. Flere virksomheter som for eksempel NAV og norske banker bruker Robotic Process Automation (RPA). Det er estimert at ved integrasjon med maskinlæring kan de spare så mye som 30 – 50% av ansattkostnader (Morgan Stanley, 2017). BAE-næringen er svært analog og har et stort potensial for å digitalisere. Mulighetene rundt digitalisering i denne bransjen er i liten grad oppdaget, hvor digitalisering kan oppfattes som prosesser som skal automatiseres i større eller mindre grad, der det er mulig.

Bygg- og anleggsprosjekter blir stadig mer komplekse, og dette fører til at det blir introdusert ny teknologi i bransjen. Samtidig så er dette en bransje som er svært analog i forhold til andre bransjer den kan sammenlignes med. Kimberly Lein-Mathisen, General manager i Microsoft Norge, forteller at «Bygg- og anleggsbransjen er verst av alle bransjer i Norge, når det gjelder digitalisering og er dårligst på effektivitet». Videre forteller Lein-Mathisen at all forskning viser at digitalisering gir økt lønnsomhet (Engeseth, 2018).

Langlo, et al. beskriver i sin rapport, *Måling av produktivitet og prestasjoner av byggenæringen*, at arbeidsproduktiviteten har stått relativt stille de siste 20 årene i denne bransjen. Det har likevel vært stor utvikling i bruttoproduktet for arkitekter, rådgivere og entreprenører, men forholdet mellom timeverk og bruttoprodukt har vært tilnærmet lik (Langlo, et al., 2013).

Det kan se ut som bransjen er moden for endringer, hvor Bughin, et al. skriver i sin rapport at integrerte digitale strategier vil bli den største forskjellen mellom bedrifter som vinner og de som taper. Den største gevinsten vil komme til de som klarer å endre den fundamentale måten foretningsmodellen er i dag (Bughin, et al., 2017).

Det har kommet mange hjelpemidler og verktøy de siste årene som kan bidra til å effektivisere arbeidsoppgaver og gjøre dem mer automatisert. Eksempler på dette er Dynamo og Grasshopper som er to visuelle programmeringsverktøy som er tilgjengelige for alle. Disse verktøyene kan bidra stort i prosjekteringsfasen av bygg- og anleggsprosjekter.

Med tanke på det som har blitt presentert over kan det virke som bransjen har et behov for en økende grad av digital transformasjon. I denne rapporten vil det undersøkes nærmere hvordan man kan øke automatiseringen i BAE-næringen. Det er mange prosesser og aktiviteter som utføres flere ganger i løpet av et prosjekt. Det ses på som nødvendig å automatisere deler av arbeidet for å effektivisere bransjen. Videre vil det overordnede forskningsspørsmålet lyde som følger:

**«Hvordan få økt automatisering av aktiviteter og prosesser i byggenæringen?»**

Med dette spørsmålet i mente er det nødvendig å definere flere underspørsmål for å kunne definere oppgaven mer målrettet.

**«Hvilke oppgaver er relevant å automatisere?»**

Videre vil det være interessant å se hvilke hjelpemidler som kan bidra for å få økt automatiseringen i bransjen.

**«Hvilke hjelpemidler finnes for å automatisere arbeidsoppgaver?»**

Til slutt, ønskes det å kunne se hvilke konkrete tiltak som kan gjøres og definere løsninger til de aktuelle problemene.

**«Hvordan kan dette tas i bruk i en konkret løsning?»**

Under arbeidet med denne oppgaven har forfatterne samarbeidet med et konsulentselskap for å kunne tilegne seg en bedre forståelse av hvordan prosessene deres fungerer, for så å finne aktiviteter og prosesser som var modne for automatisering. Planen var så å velge ut enkelte av disse aktivitetene og prosessene for så å gjøre et tiltak slik at disse kunne bli automatisert i større grad.

Forfatterens oppfatning av selskapet er at det er et relativt normalt rådgivende selskap. De har en oppfatning om at de burde øke fokuset på digital transformasjon, men ser på ingen måte at dette selskapet er dårligst i bransjen. Forfatterne har forholdt seg relativt kritiske til konsulentselskapets digitale satsning, slik at lignende selskaper i bransjen vil ta lærdom og øke innovasjonsgraden rundt digitalisering.

Ettersom myndighetene oppfordret til hjemmekontor, dersom det var en mulighet, kunne ikke forfatterne fortsette denne prosessen. Fokuset på oppgaven ble endret, hvor det ble intervjuet innovatører i bransjen for å få en bedre oversikt over hvilke muligheter det ligger i automatisering i bransjen. Det må presiseres at forfatterne ikke kjenner hele organisasjonen til selskapet, hvor de kun har snakket med personer fra én avdeling. Resultatene som har fremkommet er kun forfatterens oppfatning, og det finnes en mulighet for at alle aspekter ikke er fanget opp.

## 2 Faglig bakgrunn

### 2.1 Endringsledelse

Dagens situasjon gjør at fler og fler ledere må forholde seg til nye og begrensede lovverk, nye produkter, vekst, økt konkurranse, teknologiske fremskritt og en skiftende arbeidsmetodikk (Kotter & Schlesinger, 1979). Kotters og Schlesingers påstand fra 1979 er vel så relevant i dag, 41 år senere. Den kontinuerlige endringen av markedets behov og integrering av produkter på tvers av teknologier som BIM og AI, økende bruk av programmering for å standardisere løsninger og effektivisere prosesser, fanger opp noen av disse.

Etter vår oppfatning har en byggingeniør normalt ingen forutsetninger for å programmere som et verktøy for å effektivisere prosesser. Det økende tallet av bedrifter med spisskompetanse innenfor programmering i bygg- og anleggsbransjen, som for eksempel Spacemaker og Bad Monkeys, kan tyde på at det snart vil være et behov for ingeniører som evner å programmere.

Burnes (1996) mener at en suksessfull endring er mindre avhengig av de detaljerte planene, men heller kompleksiteten i endringens art og kompleksiteten i det å identifisere alle de mulige alternativene (Burnes, 1996). Hayes (2018), nevner også viktigheten med å utforske de andre mulighetene, og spesifiserer at hvert valg som tas, og hver endring i de kontekstuelle omgivelsene er med på å forme og avgrense det endelige resultatet (Hayes, 2018). Dermed, vil først og fremst de endringslederne som kan tilpasse endringen, identifisere behovet for endring, velge den riktige strategien for implementering og overvåke implementeringen av endringen, oppleve en høyere suksessrate enn de som ikke klarer det (Kotter & Schlesinger, 1979).

Nadler & Tushman (1995) definerer fire typer endringer; (1) Tilpasning, som er en reaktiv, trinnvis respons til ytre forhold som for eksempel nye strategier og tilnærminger blant konkurrentene. (2) Justering, en trinnvis, proaktiv respons for å oppnå høyere dekningsgrad i firmaets markedsstrategi. (3) Re-etablering, en reaktiv endring som skal transformere organisasjonen gjennom raske og simultane endringer av alle firmaets hovedfunksjoner. (4) Reorientering, en proaktiv respons som søker å forutse fremtidige potensielle muligheter eller problemer (Nadler & Tushman, 1995) ; (Hayes, 2018).

(1) Tilpasning og (2) justering, kan være både store og små endringer, og er bundet til de eksisterende spillereglene. (3) Re-etablering og (4) reorientering, handler om å utfordre spillets regler. De beste firmaene er proaktive, og søker hele tiden etter potensielle trusler og muligheter for å være i forkant av potensielle, destabiliserende hendelser. De forsøker å forutse mulige endringer som kan gi de et konkurransefortrinn. De firmaene som kun handler reaktivt, når de er påvirket av en ytre kraft, er ofte utsatt for tidspress og manglende ressurser (Hayes, 2018).

#### 2.1.1 Endringsagent

Uttrykket endringsagent blir, ifølge Hayes (2018), ofte mistolket. Når folk tenker på endringsagenter, tenker de ofte på eksterne, innleide konsulenter. En endringsagent kan ha mange ulike roller i et firma. Det kan være system analytikere, virksomhetsutviklere,

rådgivere og prosjektledere (Hayes, 2018). Lunenburg (2010) beskriver en endringsagent som alle som har kompetansen og tilstrekkelig makt til å stimulere, fasilitere og koordinere en endringsprosess. Videre nevner han at det ikke er uvanlig for store bedrifter og ha interne endringsagenter, som en erstatning for innleide konsultenter. Spesialisten arbeider direkte med bedriftsledelsen for å tilrettelegge for endringer (Lunenburg, 2010).

Lunenburg trekker frem at desto likere endringsagenten og de øvrige ansatte er, desto høyere er sannsynligheten for at endringsagenten vil oppnå suksess. Videre nevner han at graden av samarbeid og involvering av de ansatte i endringsprosessen også øker sjansen for at endringsagenten oppnår suksess (Lunenburg, 2010). Hailey & Balogun mener at endringsagenter må være analytiske, for å kunne forstå endringens kontekst og ytre påvirkningsfaktorer. De må ha en god vurderingsevne, for å kunne ta standpunkt til kritiske barrierer og muliggjørere, og kompetanse til å implementere løsninger. Videre nevner de at dette krever erfaring, noe en endringsagent trolig vil bygge over tid (Hailey & Balogun, 2002).

Endringsagenter må være bevisste på prosjektets omfang, størrelse og varighet når de skal velge hvilke prosjekter som er mulige å implementere en endring på. Prosjekter som er små i størrelse og varighet opplevde, ifølge Lines, et al., sjeldnere og mindre motstand enn store prosjekter. Organisasjoner som ønsker å gjennomføre en endring, oppfordres til å utnevne nøkkelpersoner som endringsagenter og forkjempere for endringen. Høy involvering av endringsagenter har også vist seg å redusere motstand til endringen. Lines, et al. nevner at de prosjektene som ikke benyttet formelle endringsagenter møtte på fire ganger så mye motstand ved implementering av en endring. (Lines, et al., 2015).

### 2.1.2 Endringsmotstand og -strategi

Endringsmotstand er ikke et problem som må løses. Det er et symptom på de underliggende problemene i en gitt situasjon. Motstand kan derfor bli brukt som et varslingsystem, hvor man kan dirigere tidspunktet for teknologiske endringer (Judson, 1966).

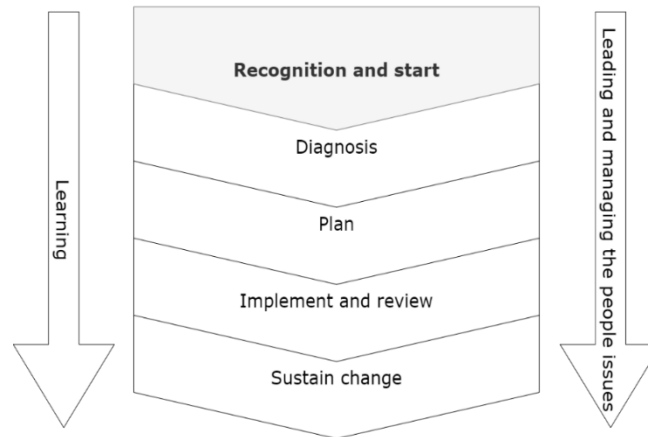
Waddell & Sohal (1998), mener at folk ikke er motstandere til endring. De er heller motstandere til usikkerheten, og de forskjellige utfallene en endring kan ha. Kommunikasjon og konsultering med de ansatte, regnes som en av de mest kritiske suksessfaktorene når det gjelder implementering av en endring. De ansatte må få muligheten til å bli involvert i alle endringens aspekter, og kunne komme med tilbakemeldinger og forslag (Waddell & Sohal, 1998).

Kotter & Schlesinger forteller at endringsledere må vurdere fire situasjonsavhengige faktorer før man velger strategi.

- (1) – Hvor mye – og hva slags type motstand som forventes
- (2) – Endringslederens relative makt i forhold til de som kan motstå endringen
- (3) – Hvor mye informasjon kreves – og i hvilken grad andre skal involveres
- (4) – Hva som står på spill

Er det; (1) forventet mye motstand, (2) endringslederens makt er lav, (3) forventet høy involvering av andre og (4) risikoen er lav for at organisasjonens ytelser forverres på kort sikt, bør man gjennomføre endringen i et saktere tempo. Man kan forsøke å minimere motstanden ved å informere, kommunisere og involvere, og planen kan bli til underveis, mens man utforsker mulighetene i samråd med de involverte (Kotter & Schlesinger, 1979).

Hayes mener at når en endring sees på som en prosess, hvor hendelser, avgjørelser, handlinger og reaksjoner er koblet sammen, er det høyere sannsynlighet for at de som leder endringen kan ta de valgene eller handlingene som kreves for å bryte ineffektive mønstre og levere et bedre resultat (Hayes, 2018).

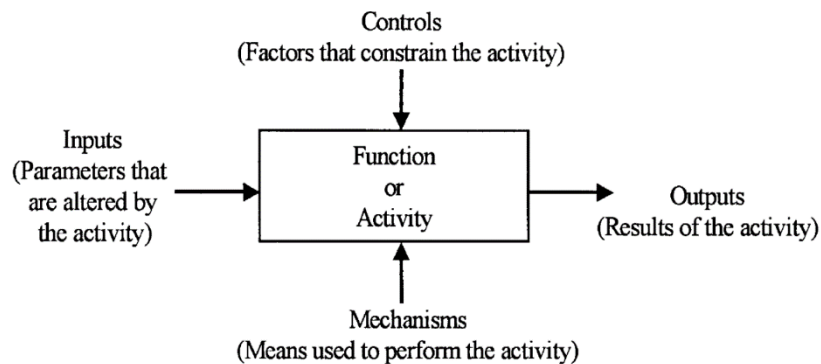


**Figur 1: The change process (Hayes, 2018).**

Hayes deler prosessen ved implementering av endringer opp i syv deler; (1) Identifisering av behovet for endringen, (2) identifisering av hva konkret som må endres, og utarbeide en visjon om en foretrukket fremtidig situasjon, (3) planlegging av endringens strategi, langtidseffekter og interessentenes oppfatning, (4) implementering av endringen, koordinering av interessenter og vurdering av endringens effekt, (5) endringens robusthet, og evne til å vare, (6) de involvertes evne til å lære av endringens positive og negative effekter og (7) ledernes evne til å skape tillit, handle etisk, engasjere de involverte og kommunisere med de involverte (Hayes, 2018).

## 2.2 Automatiseringsgrad

Rashasingham & Hjelseth (2020), har utviklet et rammeverk for måling av ulike prosessers grad av automatisering. Rammeverket, Automated Process Metrics (APM), bygger på Kim & Jang (2002) sin reviderte utgave av prosessmodelleringsverktøyet, IDEF0.

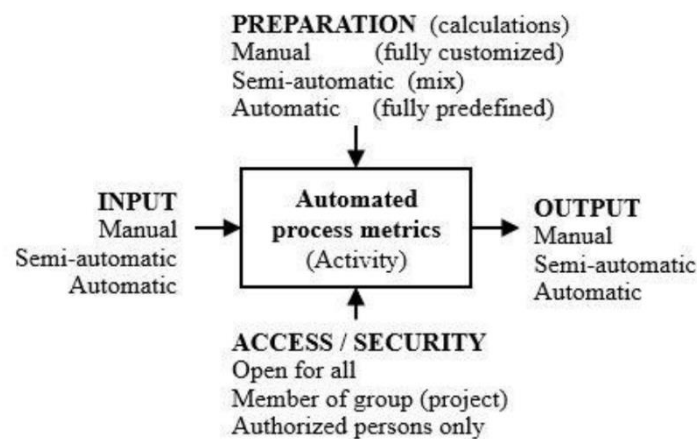


**Figur 2: IDEF0 (Kim & Jang, 2002).**

IDEF0, er utviklet for å modellere beslutninger, handlinger og aktiviteter i en grafisk fremstillingsform. Det kan benyttes av prosessmodellereren til å identifisere hvilke funksjoner som behøves, og hvilke steg som er nødvendig for å komme dit man vil. Rammeverket er derfor ofte benyttet som det første steget i utviklingen av nye systemer (Kim & Jang, 2002).

Figur 2, er den enkleste formen for IDEF0. Den tar for seg inputs, controls, mechanisms og output. Input, er de inndataene man behøver for å sette i gang prosessen. Controls, er de rammene aktiviteten opererer innenfor. Mechanisms, er de metodene man benytter for å utføre aktiviteten. Outputs, er resultatene av aktiviteten (Kim & Jang, 2002).

Rammeverket til Rashasingham & Hjelseth (2020) skiller seg fra Kim & Jang sitt ved å tilegne parametere for automatiseringsgrad til hver delprosess, se Figur 3. Dette gjør at brukeren av rammeverket, kan kvantifisere de ulike delprosessene, og få en samlet poengscore for prosessen.



**Figur 3: Automated Process Metrics (Rashasingham & Hjelseth, 2020).**

I følge Rashasingham & Hjelseth, kan Automated Process Metrics være et nyttig verktøy for å heve bevisstheten til ledere, og øke investeringer i automatiserbare prosesser og digitale verktøy. Firmaer som er mer bevisste på sin egen tilstand kan; øke konkurransefortrinnet, belyse hvordan ting gjøres i dag, og åpne for alternative virksomhetsmodeller (Rashasingham & Hjelseth, 2020).



# 3 Metode

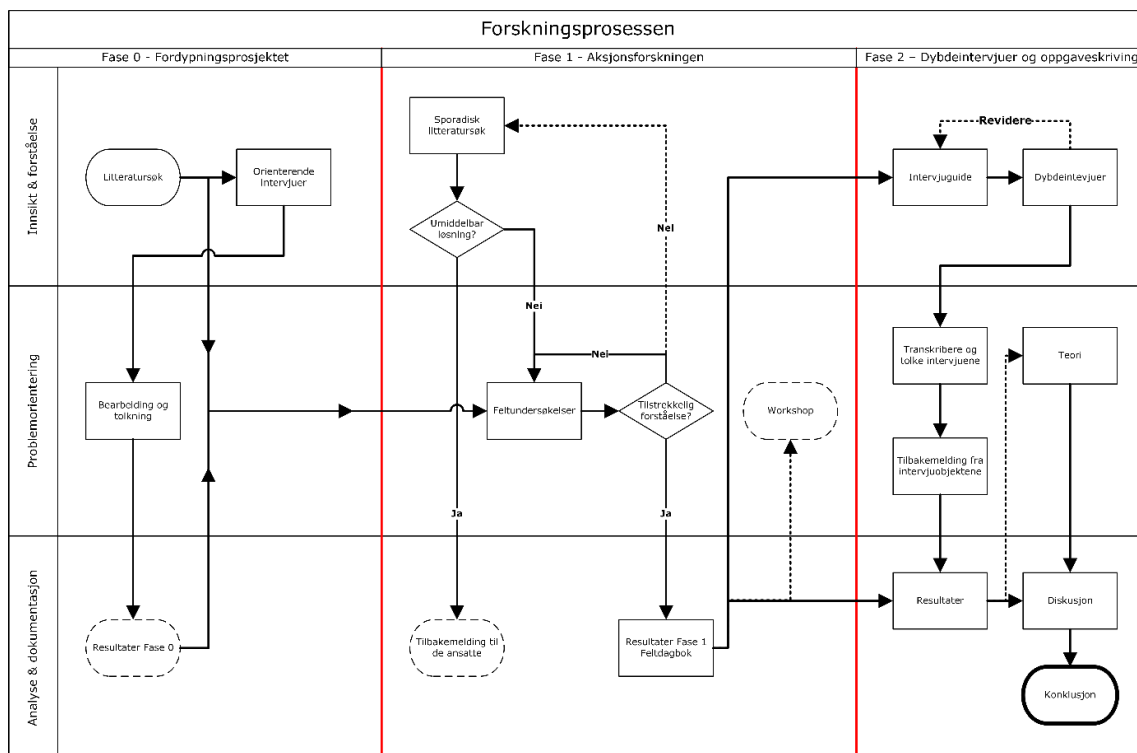
## 3.1 Forskningsprosessens faseinndeling

Arbeidet i denne oppgaven har i hovedsak vært tredelt. Fase 0 – Fordypningsprosjektet, var et emne høsten 2019. Fordypningsprosjektets hensikt er å forberede og hente inn data til masteroppgaven. I denne fasen ble forskningsspørsmålene definert, og relevant litteratur innhentet. Fasen ble avsluttet 20.12.19, ved innlevering av sluttrapporten.

Fase 1 – Aksjonsforskningen markerte starten på masteroppgaven. Med bakgrunnskunnskapen forfatterne tilegnet seg i løpet av fordypningsprosjektet, ble det gjennomført flere korte feltsamtaler. Her samlet under begrepet «feltundersøkelser». Feltundersøkelsene ble foretatt på kontoret til et konsulentfirma over 5 uker. Fase 1 ble avsluttet med en vellykket workshop, hvor funnene fra aksjonsforskningen ble presentert. Fasen ga forfatterne ytterligere innsikt i de ulike fagdisiplinenes hverdagslige problemer, og ble dermed grunnlaget for intervjuguiden, den resterende datainnsamlingen i fase 2, og resultatene i kapittel 4.3.1.

Fase 2 – Dybdeintervjuer og oppgaveskriving foregikk delvis parallelt. Resultatene fra aksjonsforskningen ble skrevet parallelt med intervjuprosessen. Intervjuobjektens synspunkter settes i system i kapittel 4.2, og aktivitetene som var modne for endring presenteres i kapittel 4.3.2.

Forskningsprosessen oppsummeres i Figur 4, og kan sees i fullversjon i Vedlegg . Enkelte av nodene blir utdypet i de kommende delkapitlene.



**Figur 4: Forskningsprosessens tre faser.**

## 3.2 Litteraturstudie

Litteraturstudie benyttes for å identifisere, evaluere og fortolke den tilgjengelige litteraturen mot forskningsområdet, forskningsspørsmål, fenomener eller interesser (Kitchenham, 2004).

Søkene er foretatt ved tre forskjellige anledninger, og med ulik hensikt.

(1) – Orienterende og bred. Skape et overblikk over hva som finnes, og hvilken teknologi som brukes for å automatisere.

(2) – Orienterende og spisset. Følge opp trådene fra de orienterende intervjuene.

Undersøke hvilken teknologi som benyttes for å automatisere enkelte av prosessene det var uttrykket et behov for å endre.

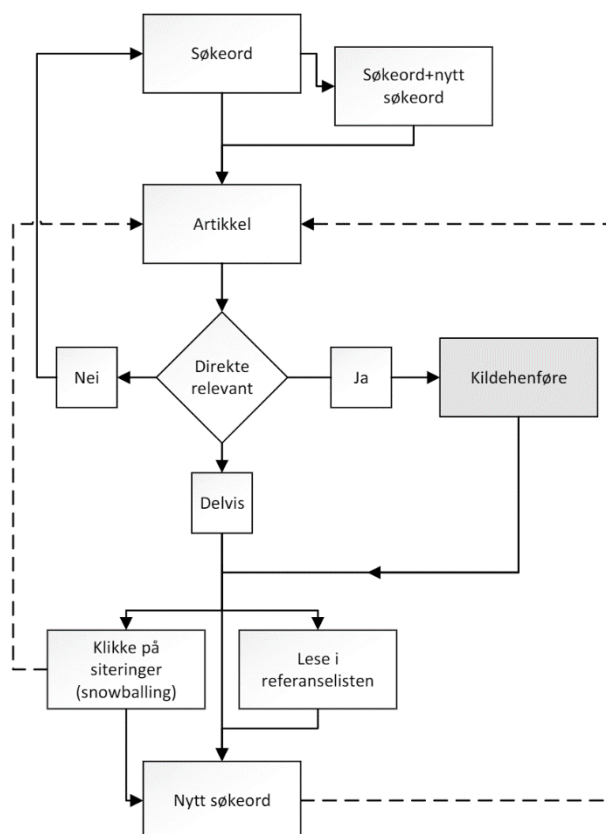
(3) – Orienterende og spisset. Undersøke teori om endringsledelse som beskriver hvordan brukerne påvirkes og hvordan lederne bør gå frem for å implementere endringer. Undersøke teori som beskriver prosessen aksjonsforskerne gjennomgår og hvordan man setter i gang. Under samme prosess ble det også utforsket rammeverket som senere er benyttet i kapittel 4.3.

I fordypningsprosjektet, ble søkene foretatt med hensikten å skape en utvidet forståelse for dagens bruk av teknologi, hva som finnes, og hva som er «State-of-the-Art» i bygg- og anleggsbransjen. Det er i hovedsak benyttet Google Scholar som søkemotor, da den inkluderte de samme artiklene som Web of Science og Scopus, og ga flere relevante treff. Det ble i tillegg abonnert på journaler som «International Journal of Project Management» og «Automation in construction». Tabell 1, viser eksempler på søkefraser benyttet i fordypningsprosjektet.

**Tabell 1: Eksempler på søkefraser benyttet i fordypningsprosjektet**

<b>Søkefrase</b>	<b>Tilleggsfrase</b>	<b>Filter</b>	<b>Treff</b>
Improving productivity with technology			3090000
	In construction		1470000
	In construction + using BIM		18100
Improving productivity with automated BIM process			14500
Generative design		2015-	496000
Digitizing construction productivity			11800
Visual programming construction BIM			4490

Litteraturen gikk gjennom en selekteringsprosess, hvor det i første omgang ble lest tittel, sammendrag og nøkkelord. Dersom artiklene ble akseptert og vurdert relevante, ble de skumlest, og kildehenført. I tillegg til søkefrasene, er opphavene til påstandene i artiklene vurdert ved å undersøke artiklene de refererer til, og i hvilken sammenheng andre artikler referer til dem, ofte kalt «snowballing». Se flytskjemaet i Figur 5 for nærmere forklaring.



**Figur 5: Flytskjema for litteratursøket**

Kildene i fase 0 er vurdert etter **TONE**-prinsippet. I fase 0 – fordypningsprosjektet, ble det foretatt en omfattende utredning av kildene, etter deres **T**roverdighet, **O**bjektivitet, **N**øyaktighet og **E**gnethet. Forskningsartiklenes forfattere er vurdert etter anerkjennelse innen eget fagfelt, kildebruk, hensikt og publiseringer. Innholdet i artiklene er vurdert etter metodikk, språk, ryddighet, og i hvilken setting andre referer til artikkelen.

Gjennom de påfølgende litteratursøkene har ikke TONE-prinsippet blitt implementert i sin helhet. Det har fortsatt vært fokus på å være kritisk til litteraturen, men det ble ikke sett på som nødvendig å dokumentere evaluering av hver enkelt kilde.

### 3.3 Aksjonsforskning

Aksjonsforskning er, ifølge Stringer (2013), en systematisk tilnærming som tilrettelegger for å finne effektive løsninger på hverdagslige problemer. Til forskjell fra kvantitativ- og eksperimentell forskning, søker aksjonsforskningen mot å forklare den komplekse dynamikken i en sosial sammenheng. Aksjonsforskning er en iterativ prosess som gjennom forskningscykluser, utforsker og belyser effektive løsninger på spesifikke, erfarte problemer i en gitt setting (Stringer, 2013).

Robson (2011) beskriver formålet til aksjonsforskning ved å påvirke eller endre deler av fokuset på forskningen. Det gir et tilskudd til den tradisjonelle forskningen ved at det fremmer endring i formålet av beskrivelsen, forståelsen og forklaringen til forskningen. To veldig sentrale elementer i aksjonsforskning er involvering og forbedring. Først vil man forbedre en praksis, deretter forbedre forståelsen av praktisen for utøverne, og til slutt forbedre situasjonen hvor praksisen befinner seg. Samarbeidet mellom forskerne og utøverne som blir satt i fokus blir ofte sett på som en sentral del i aksjonsforskning.

Utøverne er aktive og involverte som bidrar til å gi den frie formen for forskning (Robson, 2011).

Levin (2017) sitt utgangspunkt er at aksjonsforskning i bunn og grunn er et konstruktivistisk prosjekt, og at forskningsstrategien anvender både kvalitative og kvantitative data. Samtidig sier han at de faglige utfordringene i aksjonsforskning beveger seg i et forløp der man går fra teori til praksis og tilbake til teori (Levin, 2017).

Aksjonsforskningen ble utført i perioden 5. februar – 12. mars. De to første ukene, ble fire av dagene brukt hos et konsulentselskap, og en dag til prosessering av informasjonen fra innværende uke. Da forfatterne underveis ble bedre kjent med de ansatte, og etter hvert så nytten i å kunne komme tilbake til enkeltpersoner og stille oppfølgings spørsmål, ble det valgt å øke antall dager i felt til fem.

Det ble gjennomført totalt 14 feltsamtaler fordelt på fem ulike disipliner. Disiplinene var ARK, RIB, RIV, RIE og RIBr. Undersøkelsene foregikk relativt uformelt, ved skrivepulten til intervjuobjektene. Dette ga en fordel ved at de eksempelvis kunne bruke BIM- og FEM-programmene til å vise de ulike stegene de går gjennom for å utføre en arbeidsoppgave. Måten dette foregikk på gjorde at forfatterne fikk innsikt i eventuell tilleggsprogramvare de benyttet, som det ikke var kjennskap til fra tidligere.

Prosesen ble godt dokumentert, og det ble skrevet notater både underveis i intervjuene og etter intervjuene, mens de var ferskt i minne. Notatene ble skrevet for hånd på stikkordsform mens feltundersøkelsene foregikk, og deretter ført inn i en digital feltdagbok og utdypet med egne tanker for tiltak.

Det ble gjennomført en rekke sporadiske litteratursøk i løpet av perioden som aksjonsforskere. Det var flere problemer som ble ytret av forskningsdeltagerne som var digitalt rettet, som blant annet inngikk bruk av programvare. Dersom forfatterne fattet mistanke om at det trolig fantes en løsning på problemene identifisert i feltundersøkelsene, ble det søkt på forum, Youtube og Google Scholar. I noen tilfeller, var det en umiddelbar løsning på problemet, og i andre tilfeller var det foreslått hvordan man kan komme utenom problemet.

### 3.4 Intervjuer

Det ble utført to runder med semistrukturerte intervjuer. En runde i fordypningsprosjektet, og en runde mot slutten av masteroppgaven. Totalt ble det gjennomført 16 intervjuer, ekskludert feltundersøkelsene. Hensikten med å holde intervjuene semistrukturert var for å få informantene til å komme med egne tanker og uttalelser.

Felles for de 16 intervjuene var at det forelå en intervjuguide som styringsdokument, se Vedlegg D og Vedlegg E. Intervjuguiden ble benyttet for å holde intervjuene innenfor de interessante temaene. Forfatterne fulgte opp svarene med oppfølgings spørsmål for å oppklare uklarheter som måtte oppstå eller viktige ytringer som føltes nødvendig med en dypere forklaring.

De første seks intervjuene ble gjennomført høsten 2019. Intervjuene hadde til hensikt å undersøke hvilke oppgaver de ansatte i konsulentselskapet opplevde som spesielt tidkrevende, repetitive, eller kjedelige. Intervjuene foregikk ansikt til ansikt med intervjuobjektene, på konsulentselskapets kontorer, med unntak av det første. Det første intervjuet foregikk på konferansesamtale med en arkitekt, som jobbet på et annet kontor.

Intervjuene fungerte mer orienterende, og de ansatte fikk presentert hvilke oppgaver som hadde behov for å automatiseres.

De siste ti dybdeintervjuene ble gjennomført i masteroppgaven. Intervjuene foregikk på nett da intervjuobjektene var geografisk spredt, og på grunn av myndighetenes restriksjoner. Temaene i kapittel 4.2, har kommet naturlig ved at det har blitt stilt spørsmål ut ifra deres fagfelt. Intervjuguiden ble tilpasset utfra hvilken rolle og kompetanse intervjuobjektet hadde. Dette var for å fange opp de kjente styrkene til intervjuobjektene.

Det var nødvendig for forskningens utvikling at informantene bistod med ny informasjon om temaene, ettersom forfatterne hadde funnet lite litteratur rundt teamene som ble tatt opp. Informantene som ble intervjuet fremstod som innovatører og endringsdrivere. Det var derfor interessant at de kunne dele informasjon om hva de fokuserer på og hvilke endringer de ser på som nødvendige for bransjen.

### 3.5 Forskningsetikk

Samtlige av intervjuobjektene har fått tilsendt innholdet i sin ferdige form, fått muligheten til å revidere eller trekke sine sitater. Enkelte kom med forslag til revideringer, og innholdet er ikke endret i etterkant av deres revideringer.

Konsulentselskapet og intervjuobjektene fra aksjonsforskningen er anonymisert av tre grunner;

- (1) – Konsulentselskapet skal ikke kunne peke ut egne ansattes ytringer og bruke dette mot dem ved en eventuell gjennomlesning.
- (2) – Konsulentselskapets renommé skal ikke komme til skade av vår oppfatning av bedriften.
- (3) – Det er mulig å uttrykke seg friere, da det ikke legger føringer på analysen.

## 4 Resultat

### 4.1 Aksjonsforskning i et konsultentselskap

Høsten 2019 tok forfatterne kontakt med selskapet som aksjonsforskningen har foregått i. Det ble da enighet med bedriften at forfatterne skulle undersøke aktiviteter og prosesser som kunne være relevante å automatisere. Forfatterne ønsket å øke sin kunnskap om hvordan man automatiserte oppgaver og hvilke typer aktiviteter som kunne være reelle å se nærmere på.

Det ble da gjort et litteratursøk for å få en bedre oversikt, hvor det ble kartlagt en del verktøy som kunne bidra med å automatisere prosesser og aktiviteter for selskapet som det ble samarbeidet med. Dette var verktøy som for eksempel visuell programmering (VP), generative design og IoT for å få en bred innsikt i hva som var tilgjengelig. Det ble videre sett på hvordan dette hadde blitt tatt i bruk i konkrete løsninger gjennom litteraturen.

Senere denne høsten ble det avholdt intervjuer blant et enkelt utvalg av de ansatte i dette selskapet. Intervjuobjektene var fra flere forskjellige disipliner innen prosjektering, med en hovedvekt innen bygg. Forfatterne forhørte seg om oppgaver ansatte kunne tenke seg var manuelle, kjedelige og repetitive, for å forsøke å kartlegge hvilke typer oppgaver som er relevant å automatisere for dem.

Ut fra disse aktivitetene og prosessene jobbet forfatterne med å innhente ny litteratur for å kunne snevre seg inn på noen enkeltoppgaver, med bakhånd i litteraturen som allerede var innhentet. Det ble forsøkt å finne muligheter for hvordan enkelte av oppgavene de ansatte hadde fremmet kunne automatiseres i en større grad enn det de allerede var. Fordypningsprosjektet konkluderte med at enkelte oppgaver var relevante å automatisere, men det var behov for en større granskning.

Gjennom samtaler med veilederen vår, Eilif Hjelseth, ble det en enighet om at det ville være hensiktsmessig å utføre en aksjonsforskning i denne bedriften for å kunne få en dypere forståelse av hvilke oppgaver som kunne være relevante. Meningen med dette oppholdet var at forfatterne skulle fungere som endringsagenter, og mot slutten av datainnsamlingen gjennom samtaler og observasjoner skulle det ses nærmere på enkelte prosess og aktiviteter som var modne for å automatiseres.

#### 4.1.1 Opplevelsen som endringsagent

Da forfatterne tok rollen som endringsagenter, var de fleste av de ansatte ikke forberedt på at det skulle gjennomføres aksjonsforskning på deres kontor. De ansatte var usikre på hva hensikten med tilstedeværelsen var, da forfatterne gikk rundt i kontorlandskapet med en notisblokk og penn. Forfatterne hadde allerede kjennskap til enkelte av de ansatte, ettersom de hadde blitt intervjuet i en tidligere anledning. Det følte da naturlig å forhøre seg med dem om de hadde noen aktiviteter eller prosesser som var lite effektive, og det var rom for å automatisere disse.

De øvrige personene i kontorlandskapet ble observante på forfatternes tilstedeværelse og det ble stilt spørsmål rundt anledning av besøket. Det var en liten skepsis i starten av oppholdet ettersom de ikke helt klarte å forstå betydningen av oppholdet, men ved å tilbringe tid med de forskjellige ansatte under lunsjer, samt uformelle samtaler gjorde det

at det var enkelt å bli en del av arbeidskulturen i selskapet. Ved å være til stede flere dager i uken under en tidsramme på 5 uker ble forfatterne etter hvert kjente ansikter. Det bidro til at det ble lettere å kommunisere med de enkelte og ha en mer faglig og uformell samtale, som førte til at forfatterne følte svarene ble mer ærlige med tiden, og interessen for å kommunisere økte.

Forfatterne ble mer komfortable ut over aksjonsforskning, da de kunne bevege seg fritt i det åpne kontorlandskapet og ha en drop-in hos de enkelte de ønsket å hente informasjon fra, eller oppklare undersøkelser som var gjort tidligere. Ved å være så tett på forskningsobjektene, gjorde det at det ble lettere å forstå prosesser og aktiviteter, og hvordan de ble utført. Samtidig fikk forfatterne såpass god innsikt i hvilke arbeidsoppgaver og hvordan disse ble utført at det ble mulig å ha gode diskusjoner om hvordan man kunne automatisere disse i større grad. Forfatterne var ikke kun ute etter et svar fra de ansatte, men de ønsket også å se etter hva som ikke ble sagt. Med dette menes det at hvis det var noe informasjon som ikke ble ytret, men som var vesentlig for dette temaet, så kunne det bli tolket i den retning at den ansatte ikke hadde kjennskap til temaet.

Da forfatterne gikk rundt til de enkelte ansatte var det ikke alltid de hadde like mye tid til å svare på spørsmål og diskutere rundt dette. Metoden forfatterne brukte gikk ut på å se ut enkelte fagdisipliner og stille personene som tilhørte disiplinen spørsmål, uten noen forespørsler i forkant. I senere tid viste det seg som litt forstyrrende for de ansatte, hvor de heller hadde satt mer pris på å avtale et møte til en dag senere. Likevel så forfatterne på prosessen som fungerende ettersom et av målene var å observere. Det var viktig at samtalene ikke skulle ligne på intervjuer, men heller en hyggelig samtale, hvor forfatterne var interesserte i arbeidet de bedrev. Forfatterne så også enkelte av de ansatte sin side, hvor det kunne være forstyrrende for dem å bevege seg ut av arbeidet de satt med. Samtidig opplyste forfatterne om at det var mulig å forskyve samtalen om det ikke passet for dem på det daværende tidspunktet.

Forfatterne forstod det slik at kontoret de befant seg på var ledende innen BIM og automatisering innad i bedriften. Det befant seg et par «superbrukere» som hadde god kontroll på Revit, og var positiv til nye metoder og programvarer. Det var satt av en person til utvikling av bedriftens egne tilleggsprogrammer til Revit og automatisering av forskjellige oppgaver som blant annet IFC-eksport. Denne personen hadde også kjennskap til visuell programmering og hadde utviklet enkelte skript ved tidligere anledninger. Det befant seg også en person i kontoret som var leder for digital utvikling, hvor han hadde sin hovedrolle som BIM-koordinator. Han hadde et mer overordnet syn på hvilke oppgaver det burde legges ressurser i for å automatisere og hvilke tiltak som burde gjennomføres. Dette kunne for eksempel innebære å gå over til andre programvarer for enkelte prosjekt.

Forfatterne er usikre på hvilken makt den sistnevnte personen har innad i firmaet. Fra deres syn virket det som en person som er godt likt blant de ansatte, men usikkerheten ligger i hvilke endringer han kan utøve på eget initiativ. Han har en stor påvirkning på enkelte av de ansatte som er mer digitalt rettet, som gjerne forsyner de andre ansatte med hjelp i programvarer.

Tidligere hadde selskapet en ansatt som hadde erfaring med VP i samferdselsprosjekter. De ser likevel at dette er nyttige verktøy og at det ligger et stort potensial i visuell programmering. De forteller at de ønsker ha et større fokus på programmering for å møte konkurransen fra konkurrentene, men de forteller at det er veldig personavhengig om de klarer å få opp kompetansen på dette. De sliter med å innhente personer som har god

kunnskap innen fag, som samtidig sitter med høy kompetanse innen programmering og visuell programmering.

Det er ikke alltid tilfelle at bedrifter er like kjent med nye metoder og programvarer ettersom det kreves en del tid og ressurser å implementere dette. Det kunne også virke som de ansatte i selskapet tenkte det er tryggest å gjøre som man alltid har gjort, ettersom det har skapt suksess tidligere.

Som studenter har forfatterne dagsaktuell kunnskap innen byggindustrien, hvor det er et fokus hos universitetene å ligge langt fremme ved innovasjon.

#### 4.1.2 Den iterative prosessen som endringsagent

Aksjonsforskningen som fant sted i selskapet som ble besøkt kan deles inn i tre deler; (1) Innhenting av data, gjennom samtaler og observasjoner, (2) den iterative prosessen som endringsagent, hvor forfatterne tok for seg enkeltproblemer, (3) en oppsummering gjennom en workshop. I dette underkapittelet vil det komme frem hvordan arbeidsprosessen for den andre delen ble gjennomført. Det vil også fremkomme et eksempel som beskriver deler av denne prosessen.

Arbeidsprosessen som ble benyttet i deler av aksjonsforskningen hadde stor likhet med Figur 6, som Hayes (2018) beskriver som en prosess for å drive en endring. Gjennom den første delen, som beskrevet over, fikk forfatterne samlet tilstrekkelig informasjon til å se hvilke oppgaver og behov de forskjellige ansatte måtte ha. Informasjonen som ble innhentet og dokumentert i feltdagboken, ble senere tatt opp med den ansatte som hadde fremmet problemet. Det ble i dette steget snakket om hvordan dette kunne løses og hva som måtte til for å gjøre denne endringen.

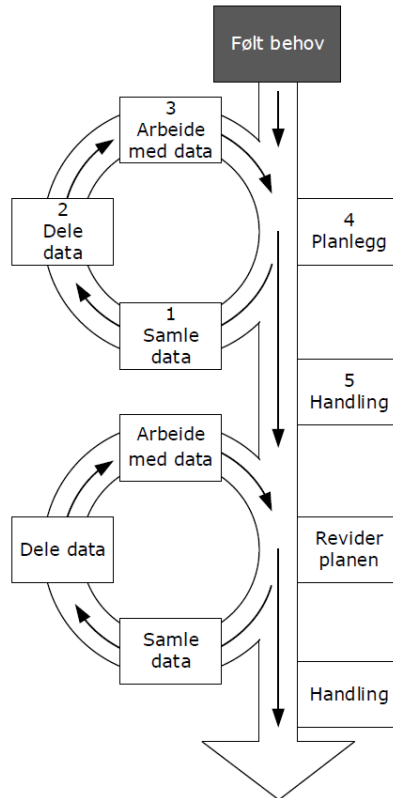
Forfatterne tok deretter og søkte opp dette problemet hvor det enkelte ganger kunne løses kun ved å se på et forum eller gjennom en Youtube video. I disse tilfellene var det ikke behov for å fullføre prosessen Hayes (2018) har illustrert, hvor forfatterne delte informasjon som var innhentet, slik at den ansatte kunne implementere løsningen selv. I andre tilfeller var det mer komplekst å utføre endringen. Det var da nødvendig å lage en plan for hvordan dette skulle gjennomføres.

Det var et par tilfeller hvor forfatterne programmerte skript gjennom programvaren Dynamo. For beskrivelse av skriptet se Aktivitet 6 i kapittel 4.3.1. Under utarbeidelsen av det ene skriptet var det nødvendig å ha en plan for hvordan dette skulle utføres. For at dette skriptet skulle være effektivt ble det gjort undersøkelser på forum for å finne noder og enkeltdeler som kunne kopieres og settes inn i skriptet som ble utviklet. Senere måtte det lages en gjennomføringsplan av skriptet, slik at forfatterne skulle forstå hva som måtte være med og i hvilken rekkefølge nodene måtte stå.

Etter de foregående stegene var utført, ble skriptet testet av en av de ansatte for å kunne se hvordan dette funket, og om det oppfylte de kravene personen fremmet. I dette steget var det ønskelig med flere funksjonaliteter. Det ble da nødvendig å revidere gjennomføringsplanen til skriptet og kjøre samme prosess igjen. Denne prosessen ble kjørt flere ganger for at den ansatte skulle få akkurat det produktet hun ønsket. Til slutt endte dette med et skript den ansatte satte stor pris på og som hun fortalte ville spare mye tid.

Denne måten å arbeide på ble gjort for flere aktiviteter, men på grunn av begrenset med tid hos konsultentselskapet, ble det ikke like omfattende fokus for alle aktivitetene som ble fremmet av de ansatte. I enkelte av tilfellene ble det også sett på prosesser som kunne hjelpe de prosjekterende for at arbeidet skulle bli mer effektivt.





**Figur 6: The action research process (Hayes, 2018)**

#### 4.1.3 Workshop

Mot slutten av oppholdet ble det avholdt en workshop hvor det ble tatt opp temaer som hadde blitt observert gjennom aksjonsforskningen. Dette bestod av et utvalg av oppgaver og prosesser forfatterne mente kunne effektivisere dagens tilstand. Hensikten var å bringe sammen enkeltpersoner fra flere disipliner som var relativt teknologiske, hvor de kunne stille seg kritisk til hva forfatterne fremmet. Det var ønskelig å skape diskusjon rundt temaene, slik at det ble belyst mange sider av sakene. Forfatterne skulle styre dette møte, ved å holde seg til de enkelte temaene som stod i agendaen, slik at det ikke ville komme mange forstyrrelser og avsporinger.

I starten av workshopen var det en viss skepsis til forfatterens tanker rundt temaene og mye av det som ble brakt opp var ikke kjent for dem fra tidligere. Utover i workshopen ble gruppen tilsynelatende mer overbevist om at enkelte av temaene kunne være lurt å se nærmere på, hvor de kunne vurdere å implementere dette. De var likevel litt reservert ettersom enkelte av temaene vil kreve mye ressurser å innføre, samtidig som det måtte innføres en bedre prosess i prosjekteringen for å dra full nytte av disse.

Forfatterens tanker etter workshopen var positive, da de følte de hadde klart å gjøre selskapet observante på prosesser de ikke var spesielt kjent med fra tidlige og de fikk gode tilbakemeldinger i etterkant.

## 4.2 Dybdeintervjuer med innovatører

I dette kapitlet blir resultater og interessante funn fra dybdeintervjuene presentert. Det er her blitt intervjuet 10 personer som har stor tilknytning til byggindustrien. Intervjuobjektene har forskjellige roller innen industrien. Det er forsøkt å finne personer som innehar stor kunnskap innen automatisering og som har rollen som endringsdriver innad i firmaet. De fleste som har blitt intervjuet i Del 2 har forskjellige roller, hvor noen har mer klare lederroller rundt digitalisering av sin avdeling, mens andre leder mer endringer innen digitalisering på prosjektnivå, og er en del av prosjekteringsteamet. Intervjuobjektene kommer fra retninger som entreprenør innen bygg, rådgivende ingeniør, digitaliserings konsulent og arkitekt.

I delkapitlene som følger vil temaer som har blitt diskutert i intervjuene bli presentert. Forskjellige synspunkter og erfaringer fra intervjuobjektene vil fremkomme. I Tabell 2 vil det fremstilles hvilke roller de forskjellige intervjuobjektene har, samt bedriften de jobber for.

**Tabell 2: Intervjuobjekter**

<b>Navn</b>	<b>Bedrift</b>	<b>Rolle</b>
Saad Ahmad	BuildingPoint Scandinavia	Forskning- og utviklingskonsulent
Ingrid Alvsåker	COWI	Senior ingeniør / BIM-strateg
Henrik Bakke	HENT	System- og BIM-ansvarlig
Magne Ganz	Multiconsult	BIM-spesialist
Chiara Grifasi	RATIO Arkitekter	Prosjekterende arkitekt
Simen Folstad Løkken	Ø. M. Fjeld	Prosjektleder
Karl-Henrik Olsen	Aas-Jakobsen	Prosjektingeniør
Herman Bjørn Smith	Multiconsult	Chief Digital Officer
Maren Trøøyen	Sweco	Rådgivende ingeniør bygg
Håvard Vasshaug	Bad Monkeys	Konsulent / programvareutvikler / daglig leder

### 4.2.1 Organisering av BIM

For å forstå hvordan de forskjellige firmaene og personene som ble intervjuet jobbet med å automatisere forskjellige prosesser og aktiviteter, ble det undersøkt hvordan firmaenes organisering mot digitalisering er, og hvordan de jobbet med utvikling. Dette vil hjelpe med å få en forståelse av satsingen til de forskjellige firmaene. I starten av hvert intervju har forfatterne spurt hvilken rolle de forskjellige intervjuobjektene har og hvordan firmaet er organisert innen digitalisering.

Ahmad forteller at i BuildingPoint Scandinavia jobber de med å organisere andre firmaer mot BIM. Hvis de ser at firmaene de er konsulenter hos har prosesser hvor programvarer ikke snakker sammen eller digital informasjon flyter dårlig, puttes det inn ekstra ressurser for å fikse dette. Disse prosjektene kan fort ha en varighet på ett til to år.

Alvsåker forteller at for øyeblikket holder COWI på med å få samlet hele det globale selskapet slik at organiseringen rundt digitalisering er lik. Tidligere har det ikke vært veldig stor kommunikasjon med hvordan man skal gjøre dette på tvers av de forskjellige landene. De har derfor ansatt en person som har det overordnede ansvaret for digitalisering av hele organisasjonen. Det utvides nå med nye roller (Digital Leads) i hvert land, samt en for hver divisjon. Dagens BIM-organisasjon assimileres i den nye digitale organiseringen.

Innenfor BIM er firmaet bygget opp med en BIM-direktør, deretter vil hver divisjon ha en BIM-strateg, til og med Softwareapplication og Prosjektledelse. Under dette vil det da være BIM-managere for de forskjellige fagområdene, hvor det til slutt vil være superbrukere som vil drive med support for de som trenger råd innen BIM.

Hun forteller at superbrukere og BIM-managere vil sitte i sentrale roller i prosjekt å jobbe med faget sitt, og da kan alt det nye i prosjektene trekkes inn i organisasjonen. Slik det er i dag så har COWI-ansatte som har interesse for programmering fått mulighet for å drive med dette innen sin retning. De har også gått til ansettelse av en ren programmerer som ikke har kjennskap til byggebransjen fra tidligere.

Bakke sier han er underlagt en avdeling i HENT som heter Teknologi og Bærekraft, hvor han er en del av BIM-teamet. Han bistår i alle faser av prosjektet som inngår prosjektutvikling, anbudsfasen, prosjektering, bygging og ettermarked. Videre forteller han at avdelingen han er del av er delt inn i BIM-teknikere, systemutviklere, fagsjefer for de tekniske fagene, energi- og miljørådgivere, samt rådgivere for miljøsertifisering (BREEAM, Svanemerket etc.)

Ganz sier at Multiconsult har en klar struktur hvor det er delt inn i fagområder, kompetansenettverk og lignende. Alle store programvarer de anvender har en tilhørende verktøyansvarlig, for hver fagdisiplin. Disse personene jobber tett med digital transformasjon, som er en seksjon som ligger under samhandling og utvikling. Dette er en samsetning personer med ulik faglig kompetanse.

Smith legger til at det over tid har vært jobbet godt med digital utvikling og BIM-implementering på tvers av selskapet. Likevel har det vært et behov for sterkere sentral styring av utvalgte satsningsområder, og derfor har man det siste året etablert en tydeligere digital strategi for den videre satsningen.

Rollen hans som CDO er å forvalte eller realisere de digitale målsetningene de har som selskap. I dette arbeidet er det avgjørende å utnytte ressursene og kompetansen på tvers av selskapet for å få en sterk kraft bak den satsningen. Bransjen har tidligere ikke evnet

å få tilstrekkelig verdi ut av digitaliseringsinitiativer. Derfor er det viktig å ha noen som har fokus på digital transformasjon hele tiden og ikke bare iblant.

Grifasi forteller at de har en BIM-styringsgruppe, som lager maler, manualer, families og som standardiserer arbeid. Det er forskjell på hvor høyt nivå det er på de ansatte i de forskjellige programvarene, hvor firmaet forsøker å standardisere hvordan de tegner. De jobber med kompetanseheving og utvikling på firmanivå hele tiden.

I hvert prosjekt har de en BIM-ansvarlig som, i tillegg til sine daglige arbeidsoppgaver, har ansvar for å drive med utvikling av prosesser og metoder. Dette er avhengig av type prosjekt og tid. Noen prosjekter krever at man trenger utvikling og bruker nye metoder, mens andre prosjekter er bare i 2D. Hun nevner også at de har superbrukere som man kan henvende seg til om man trenger hjelp i programvarer.

Olsen forteller at selv om de er et relativt lite firma, så er de en del av et større nettverk av faste samarbeidspartnere. De tilegner seg den kompetansen de trenger på tvers av dette nettverket. Normalt er det byggingeniører som har rollen som BIM-koordinator internt hos dem. Av og til har de en felles BIM-koordinator for prosjekter med samarbeidsfirmaer. De jobber med å bygge opp kompetansen innad i firmaet, hvor de ser behovet for utvikling, ettersom kravene og leveransene skjerpes kontinuerlig.

Troøyen sier at de har superbrukere som folk kan kontakte når de trenger hjelp. De har en egen BIM-gruppe som blant annet jobber med utvikling av mal-filer til alle programmene de sitter i, slik at disse blir standardisert. Hun forteller at de også driver med litt utvikling i Dynamo, som er et verktøy for visuell programmering.

#### 4.2.2 Muligheter og begrensninger med parametrisk design

Gjennom intervjuene har de fleste vært mest positive til bruk av parametrisk design mot samferdsel og infrastruktur. I dette underkapittelet vil det komme frem synspunkter fra intervjuobjektene rundt hvorfor dette er mer tilpasset infrastruktur og hvordan dette kan brukes mot bygninger.

Smith forteller at han tror grunnen til at man foreløpig ikke har lagt mer ressurser i parametrisering innen samferdsel handler om tilgjengelighet av teknologi, hvor han påpeker at de aller fleste som prosjekterer veier anvender programvaren Novapoint. Han forklarer at nesten alt i samferdsel følger en senterlinje som man kan forholde seg til, og at verktøyene for prosjektering ikke har vært egnet for bruk av parametrisk design. De verktøyene som er mest anvendt til prosjektering av bygninger, som Revit og ArchiCAD, har direkte kobling mot henholdsvis Dynamo og Grasshopper. Potensialet er imidlertid stort for samferdsel, og det er nye typer verktøy på vei som kan legge til rette for dette. Veiprosjektering er veldig regelbasert, for eksempel ved at man har regler på avstand mellom elementers forekomst og dette vil gjerne være gitt ut fra hvilken veiklasse dette er.

Vasshaug legger til at programmene som brukes som basis for å automatisere innen bygg allerede har mye innebygd automatikk knyttet til rektangulær geometri. Han forteller at en vei vil bevege seg annerledes, som gjør at det er mye mindre innebygd automatikk i programmene for infrastruktur. Han trekker frem et eksempel hvor han sier at hvis man modellerer et hus i Revit vil man få 80% «out of the box», men hvis man skal tegne Hålogalandsbrua i Revit vil man få 20%, hvor man må modellere 80% selv. Det vil da bare være å velge oppgaver av disse 80%-ene man kan automatisere.

Han forteller at dette er grunnen til at Bane NOR og Statens Vegvesen har skjønnet at de må be om BIM, fordi de sparer penger på at de prosjekterende modellerer tverrfaglig i parametriske databaser og deler åpen BIM. Ingeniører begynner å lære seg det og de kan lage høydetaljerte informasjonsmodeller i 3D ved hjelp av parametrisk design. En bruingeniør i dag kan tegne en bru på mye kortere tid i forhold til hva de gjorde for tre år siden. Den revolusjonen ser man ikke i bygninger, men det er ikke så stor forskjell. De som driver med VP, automatiserer eller bygger nye arbeidsprosesser, mens hvis man tegner en bygning kan man i stor grad bruke eksisterende arbeidsprosesser. Han nevner likevel at VP er godt egnet til blant annet fasader og automatisering av manuelle BIM-relaterte prosesser.

Ganz jobber med et prosjekt nå hvor de lager en tunnel ved hjelp av parametrisk design, som følger denne senterlinjen. Dette er noe som blir brukt daglig og sparer dem for mye tid. Han sier at det er samferdsel som har utnyttet parametrisk design i størst grad, hvor man kan lage mer komplette konstruksjonen ved hjelp av dette. Han forklarer videre at de kan parametrisere komplette kulverter inkludert armering. Hvis man ønsker å endre på kun noen få størrelser, vil hele konstruksjonen endre seg.

Vasshaug har liten tro på at det vil være mulig å parametrisere en komplett bygning. Han forteller at det er mye vanskeligere å finne repetisjon i bygninger, og da spesielt repetisjon som kan beskrives matematisk. Det vil for eksempel være vanskelig å bestemme hvor vegger skal ligge basert på parametrisk design, der det i samferdselsprosjekter vil være lettere å si at for eksempel et skilt skal stå hver 50. meter etter veilinen. Han forteller videre at kompleksiteten er annerledes enn hva det er i samferdsel. Bygninger er ofte bygget opp av bare bokser, mens infrastruktur følger en kompleks geometri i form av veilinje.

Olsen forteller at det å få parametrisert bygninger i like stor grad som i samferdselsprosjekter muligens vil være utfordrende. Han forklarer i likhet med hva Vasshaug sier at bygninger holder seg for det meste til 90 grader og etasjer, mens i samferdsel forholder de seg til en veilinje med ganske kompleks geometri. Han sier likevel at det burde kunne blitt tatt mer i bruk i bygg og at man kunne for eksempel sett automatisk dimensjonering av fagverk eller lignende oppgaver.

Ganz forklarer at det ikke er like lett for bygninger ettersom de ikke er like regulære og regelbestemte. Når man benytter parametrisk design på bygninger bruker man dette mer på rutineoppgaver, i den grad det er hensiktsmessig. Når det gjelder bygninger, tror Smith at det er et stort potensial. Han mener det må standardiseres i større grad, hvor han utdyper at mye kunne vært mye mer likt, uten at dette vil bety at alle bygg blir like. Man kan for eksempel definere på forhånd at det i deler av bygget skal være fast bestemt hvilke komponenter som skal benyttes. Deretter vil maskinlæringen/parametriske modellen optimalisere, og man kan ta et valg blant for eksempel tre likestilte alternative løsninger. Smith tror at man kan ta standpunkt omkring frihetsgrader tidlig i prosjekteringsprosessen i mye større grad enn hva som gjøres i dag, hvor man kan velge hva man ønsker skal være fleksibelt og hva som skal være låst. Han tror da at det burde være mulig i mye større grad å full-parametrisere en bygning, men presiserer at det ikke er han som programmerer løsningene.

Ganz forteller at det er mye småting man kan gjøre med parametrisk design innen bygg. Han kommer med to eksempler som å plassere ut søyler etter et gitt mønster og teste forskjellige layout innenfor gitte rammer. Det er mange arkitekter som benytter seg av sistnevnte. Hvis man skal plassere ut et gitt antall leiligheter av ulike størrelser innenfor

noen gitte rammer, kan det genereres hundrevis av forslag. Dette er et klassisk eksempel på anvendt parametrisk design.

Parametrisk design baserer seg på at man har input og regler som da gir resultater. Hvis man da begynner å generere mange inputs og igjen genererer mange resultater, da har man beveget seg mot generative design. Neste skritt etter dette er genetisk optimalisering. I denne prosessen tar man det som er generert og kjører dette i looper, hvor man parrer de mot hverandre og kaster løsninger som ikke er optimale. Når dette har kjørt mange runder vil det da konvergere mot ultimate løsninger.

Ganz legger til en annen måte å automatisere enkelte problemstillinger på. Han kommer med et eksempel hvor han tenker at man kan ha et stålbæresystem, hvor man har mye data fra tidligere. Ut fra dette kan man generere alternative stålknutepunkt rundt i bygget. Når denne operasjonen har blitt gjort nok ganger eller man har nok data i bakhånd, så kan man begynne å føre dette inn i maskinlæringsalgoritmer. Han vet ikke om dette har blitt gjort, men vet at andre har beveget seg i den retningen. Han forteller at man ikke parametriserer komplette bygninger, men man automatiserer og parametriserer arbeidsoppgaver.

Han forklarer senere i intervjuet at man kan bruke parametrisk design innen VVS eller elektro ved for eksempel å lage forslag til utlegging av kabler eller rør. Man har et startpunkt og et sluttunkt, hvor man har en sentral eller aggregat et sted mellom. Det man ønsker er generere føringsveier til kontorene. Ved hjelp av parametrisk design kan det genere forslag til ruter. Han forteller det finnes programvarer som kan gjøre dette allerede, hvor de fungerer som tilleggsprogrammer til for eksempel Revit, men disse programmene er svært dyre. Han sier at etter hvert vil man komme på et nivå der man klarer å utvikle dette selv. Løsninger som dette fjerner de kjedelige rutinemessige oppgavene.

Olsen forteller at det meste av automatisering de gjør er knyttet til modellering, hvor det er mulig å koble dette inn i beregningsprogrammer. Så langt har de ikke sett at det er der den store nytteverdien ligger. Ofte må man gjøre en del forenklinger og vurderinger når man setter opp en beregningsmodell, og det er fortsatt mer effektivt å lage enkle modeller selv. Dette er i stadig utvikling, så han tror det å modellere i beregningsprogrammene er noe som de kommer til å gjøre mer av i fremtiden.

Hvis man skal modellere i beregningsprogrammene lager man først en form i BIM-programvaren, og når du importerer den inn i beregningsprogrammet ender man opp med en modell som er for komplisert, og det kommer er del støy i beregningene. Man kan gjøre en del forenklinger uten at dette går på bekostning av nøyaktigheten på beregningene. Når man henter inn en utilpasset modell får man med så mye objekter og geometri som man egentlig ikke har behov for, som blant annet medfører økt tidsbruk i analysene. Egne koblinger mellom den parametriserte modellen og beregningsprogrammene omgår denne problematikken og aktualiserer bruk av parametrisk modellering også for beregningsmodellene.

### 4.2.3 Implementering av automatiseringsprosesser i bygg- og anleggsbransjen

I dette underkapittelet vil det komme frem hvordan flere av intervjuobjektene firmaer jobber for å starte å automatisere, og da mer mot parametrisk design. Det vil også komme frem hvilket forhold de ansatte har til dette og hvordan flere kan ta i bruk dette verktøyet.

Vasshaug tror at om man er student i dag, så er programmering noe som kan hjelpe betraktelig med å få jobb i fremtiden. Motivasjonen er noe som er subjektivt, men at den personlige nytten er helt klar. Videre forteller han at for ti år siden var det enklere å argumentere for å sende noen på kurs i BIM, enn det å sende noen på kurs i visuell programmering i dag. Dersom man tegner i 3D har man mange flere muligheter enn om man jobber i 2D, og det er enklere å identifisere nytten. Hvis man nå snur perspektivet, hvor vi nå tegner i 3D, men i stedet for å tegne i 3D skal vi programmere i 3D, 4D og 5D. Dette er da en mye mer abstrakt overgang. Vasshaug forteller det vil være mye vanskeligere å få gjennomslag for de ansatte ved å spørre sine overordnede om å få opplæring i programmering. Han tror ikke det er like lett å vise til konkrete forbedringer med arbeidet man vil gjennomføre ved hjelp av programmering.

Han mener det kan være vanskelig å få brukt programmeringen i relevant setting når man kommer ut i prosjekt, men at det slett ikke er umulig. Det beste er å komme inn i en avdeling eller en organisasjon der man har en linjeleder som allerede kan skripte eller interesserer seg for dette.

I intervjuet som ble avholdt med Ganz, forteller han at de aldri ønsker å prakke på noen parametrisk design som ikke har forutsetninger eller interesse for å gjøre det. Det gjelder å identifisere og støtte opp de nysgjerrige personene man ser har en teft for dette og som ønsker å gå i den retningen. Han tror at etter hvert, så vil man se et vendepunkt hvor det begynner å bli mer normalt å benytte seg av parametrisk design for å løse oppgaver. Da vil de som ikke har fulgt denne trenden se at det er noe de ikke har fått med seg.

Videre forteller han at da de startet med BIM måtte de erkjenne at dette ikke passet for alle, og man vil alltid finne de som vil klare seg bedre med å gjøre andre typer oppgaver. Når det kommer til visuell programmering og parametrisk design, så har man beveget seg enda dypere inn i den digitale forståelsen enn overgangen fra CAD til BIM. Det er mange som klarer å modellere BIM på en manuell måte, men som ikke har forutsetninger for å bli gode i parametrisk design.

Vasshaug forteller at det er veldig mye ressurser ute på nett som er gratis, men det vil allikevel kreve relativt mye egentrening og innsats for å lære seg parametrisk design. Samtidig vil det være mulig å gå på kurs for å tilegne seg mer kunnskap om dette, men det vil kreve en del ressurser i form av tid og kostnader. Dersom man ikke har mulighet for å kurses vil han anbefale at man bruker så mye tid som mulig, men minimum et par timer i uken for å lære seg å skripte. Når man kommer i et prosjekt, kan det i enkelte tilfeller ikke være like lett å finne tid til å lære seg skripting.

Smith sier det er for få som behersker VP, hvis man både ser på bransjen og selskapet deres under ett. Dette er en kompetanse som tidligere måtte investeres i ved å kurse de ansatte, men som fremover trolig vil komme mer naturlig ved at nyutdannede har hatt programmering i studieløpet. Han mener at kompetansen bare kommer til å øke fremover, hvor det vil bidra til mer effektivitet og fleksibilitet i prosjektgjennomføringen. Han tror også at for å lykkes er det avgjørende at de som styrer prosessene vet hva dette har av betydning og hvordan man best mulig benytter dette i prosjektene.

Ganz forteller at han pleier å si til sine kolleger i Multiconsult at:

*«Hvis du tar deg selv i å gjøre en manuell operasjon gjentatte ganger, så burde det ringe en liten bjelle. Da burde du tenke at dette bør automatiseres».*

I byggprosjektering automatiseres de mest kjedelige rutineoppgavene. For å gjøre det, bruker man parametrisk design og visuell programmering. Han legger til at det ikke alltid er bruk av visuell programmering ettersom noen foretrekker å skrive koder i Python selv, uten hjelp fra Dynamo eller Grasshopper.

Ahmad forteller at i rådgivende firmaer er det mye fokus på parametrisk design for å automatisere oppgaver. Han forteller videre at for å kunne bruke parametrisk design i arbeidslivet trenger man å ha jobbet med dette i omtrent seks måneder, og etter ett år har man blitt en avansert bruker av parametrisk design. Da kan man være med på å løse problemer som vil være verdifulle for bedriften i fremtiden.

Smith sier at når de skal jobbe med automatisering i prosjekter starter de med å identifisere hvilke arbeidsprosesser eller utfordringer som kan løses ved hjelp av automatisering. Identifisering av verdipotensialet før oppstart av denne type utvikling, er noe de har blitt mer bevisst på, hvor det tidligere har vært mer tilfeldig utvelgelse.

Vasshaug forteller at når de skal starte å automatisere en prosess gjør de ofte en workshop-operasjon eller en prosess før de starter å programmere. I workshopen har de med to personer. De har med programmereren som skal skrive koden og personen som skal bruke løsningen. Workshopen starter med at man lager en 2D graf, hvor den eneaksen er grad av kompleksitet og den andreaksen er grad av nytte. De setter da flere arbeidsprosesser som man ønsker skal automatiseres inn i grafen, og man velger som regel å gå videre med oppgaven som har lav kompleksitet og høy nytte. Dette gjør det mye lettere å få en oversikt over hvilke arbeidsprosesser som bør prioriteres. Disse personene som er med i denne workshopen har relativ god forståelse av hvor lang tid prosessene har tatt tidligere da den var manuell, og hvor lang tid det vil ta å programmere dette. De kan dermed finne ut hvor nyttig automatiseringen vil være. Han forteller at det er det firmaets hans Bad Monkeys driver med, hvor de bringer disse to verdenene tettere sammen enn de tidligere har vært.

Ahmad skiller automatiseringen i produksjon og prosjektering. Han påstår at for produksjon vil det være mest hensiktsmessig å automatisere med maskineri eller roboter, og at man da vil trenge personell som får opplæring i å styre disse maskinene. For prosjektering vil man bruke parametrisk design, hvor man trenger ressurser som tid og kunnskap. Han deler så prosessen med å automatisere i fire deler;

- (1) – Forskjellige typer investeringer.
- (2) – Pilot.
- (3) – Gjennomføring.
- (4) – Gjenbruk fra prosjekt til prosjekt.

Videre utdyper han om hvordan man starter å automatisere ved hjelp av parametrisk design, hvor man starter med å identifisere aktivitetene og variansen i parameterne. Deretter lager man et skript av den aktiviteten og prosessen som da vil sakte bevege seg mot en komplett modell. For tingene som endrer seg mye burde det være et referansepunkt/linje som man kan knytte det opp til. I infrastruktur vil det typisk være veillinjen. Uansett hvordan referansepunktet endrer seg, så skal alle deler som er knyttet opp til dette endre seg etter hvordan referansepunktet endrer seg. Parameterne trenger



derfor verdier med et maksimum og minimum som man kan knytte opp til referansepunktet. Ahmad sier at dette er hvordan man definerer prosesser i BIM for å automatisere aktiviteter steg for steg.

Alvsåker sier at i motsetning til en del konkurrenter som har egen avdeling som driver med utvikling, så bruker de personer som sitter ute i prosjektene. Dette kommer av at det er svært dyrt å drive med utvikling. Hvis man har en egen avdeling for dette trenger de å ansette programmerere, hvor de må intervjuer de som er i prosjekt for å sette seg inn i hvordan de jobber og deretter effektivisere prosessen.

Hun forteller at de har laget flere programvarer til eget bruk. Det startet med at de skulle forenkle arbeidsoppgaver, så har de etter hvert sett behovet for videreutvikling. De har nå kjøpt lisens på Azure, som er en skybasert plattform for utvikling og distribusjon av programvarene de utvikler. Denne tjenesten samler programmeringsressursene, hvor de har en egen modul som man sitter og utvikler i. Dette ligner mye på et prosjekthotell, men er rettet mot distribuering og utvikling av verktøy. Hun forteller at programmere jobber i «sprints», hvor de noterer det de gjør og alle oppgaver som kommer inn. Programmeringsoppgaver består av små biter, hvor de lager hver sin bit og senere blir det satt sammen til en helhet.

Det har materialisert seg på to måter, det ene er en egen verktøylinje med effektiviseringen som er nevnt over og det andre er COWI-assistent. Dette er et program som brukes til å sette opp en kjøreplan for automatiserte arbeidsoperasjoner. Man kan for eksempel lage en plan med tidspunkter for når man skal eksportere IFC-modeller, eller man kan lage en plan som åpner Solibri og kjører regelsjekker, lukker programmet og lagrer gjentatte ganger i uken.

Olsen forteller at de bygger opp biblioteker med skript og bruker dette på fler og fler prosjekter. Han forteller det er ressurskrevende med disse bibliotekene. I startfasen svarer kanskje ikke de investeringene eller tiden man bruker på programmeringen umiddelbart mot det man får igjen. De er derfor avhengig av gjenbruk for å ha nytte av dette. Så det er et skjæringspunkt på hvor mye ressurser man skal bruke på å utvikle moduler, i stedet for å gjøre det manuelt. Skjæringspunktet vil endre seg sammen med både programvaren og kompetansen til de som jobber med det.

Han sier at det vanskelig å gi noe tall på hvor mye tid man kan spare ved bruk av parametrisk design mot infrastruktur, men forklarer at de store gevinstene kommer av at det er mer fleksibilitet rundt modelleringen i tidligfase. Olsen mener det ikke er bortkastet tid ettersom det normalt vil komme mange endringer, og at det er et stort potensial for besparelser knyttet til dette. Han forklarer at prosjektet vil flyte mye bedre ved at man uansett kommer til å modellere opp samme konstruksjonen et gitt antall ganger.

Alvsåker forteller at når de skal automatisere en spesifikk arbeidsprosess i et prosjekt, pleier de å se om forbedringen kan forsvare prisen det koster å programmere løsningen. Hvis dette ikke er tilfelle forsøker de å finne andre prosjekter som kan dra nytte av denne automatiseringen, for å fordele kostnadene.

Ahmad legger til at det kan være problematisk å gå inn i et prosjekt med parametrisk design for et mindre firma, ettersom prosjektgjennomførelsen vil ta tre til fire ganger så lang tid. Det vil da være vanskeligere å investere disse ressursene i et prosjekt for et mindre firma, mens for et større firma vil dette være lettere og de kan i større grad ta med seg skriptet videre til andre lignende prosjekter.

Videre forteller han at han har opplevd at personer som ikke har så mye kunnskap og er lite kjent med programvarer ofte er veldig engasjerte, og ønsker å ta i bruk for eksempel BIM og parametrisk design. De som har jobbet med samme system i 15-20 år, har liten vilje til å bevege seg vekk fra systemet de bruker. Dette kan være utfordrende til tider, men de ønsker å være konkurransedyktige, og tilpasser seg derfor de nye systemene.

#### 4.2.4 Kunnskapsdeling av visuell programmering

I dette underkapittelet vil det komme frem tanker om frykten ved å miste ansatte som innehar mye kompetanse innen VP, og hvordan man kan samle kunnskap. Det vil også fremkomme tanker om hvorfor man holder tilbake informasjon om skriptene sine, og hvordan dette kan bli mer åpent.

Ahmad forteller at man kan se at det er større investeringer i parametrisk design i de store konsultantselskapene i Norge, men det vil også være problemer rundt dette. Han sier videre at dersom personen som utvikler skriptet bytter jobb, vil ikke de andre ansatte forstå hvordan de skal vedlikeholde skriptet, og det må da lages på ny. Det er veldig vanskelig å forstå et skript man ikke har laget selv, fordi hver person har sin egen måte å programmere på. Noe de jobber med, i BuildingPoint Scandinavia, er å systematisere dette arbeidet for hvordan man skal godkjenne skriptet og digitalisere designet.

Smith sier de kan gjenbruke en god del av skriptene som blir laget, men at det går mye på kompetanse. Personen som har utviklet skriptet tar gjerne dette med seg videre til andre prosjekter, modifierer og justerer det for å passe til det faktiske behovet. Det kan derimot være vanskelig for en som ikke har høy kompetanse innen visuell programmering å anvende skript laget av andre, men de har også flere eksempler på at dette har fungert veldig bra.

Troøyen forteller at de har et bibliotek hvor nye løsninger blir lagret, hvor dette kan være skript eller lure løsninger som effektiviserer prosesser. De må som regel tilpasse skriptene til prosjektene, for at man skal bruke dem på nytt. Det vil derfor spare noe tid, men de må samtidig bruke noe tid på tilpasningen.

Ahmad sier at firmaer ikke snakker så åpent om hva de har parametrisert og automatisert. Han mener at det er forskjellige grunner til at informasjon om skripting holdes tilbake. Det ene kan være for å verne sine ansatte slik at man ikke mister de, det andre kan være at man ikke ønsker å røpe hvor mye man har skrevet timer for. Et eksempel er hvis en jobb som vanligvis tar 50 timer, nå tar to timer med bruk av parametrisk design, da fakturerer man 50 timer.

Han forteller videre at prosjekter har blitt gitt videre til Statens vegvesen slik at de kan publisere dette til allmenheten. Planen er å fortsette med å publisere flere av disse parametriske designprosjektene for mindre aktiviteter i fremtiden. Senere kan de forskjellige firmaene leie inn tjenestene hans for å tilpasse dette til egne prosjekter.

#### 4.2.5 Tilgjengeliggjøring av generative design

Mot slutten av intervjurunden, ble det spurt om hvordan man tror at Revit 2021 påvirker bruken av generative design i fremtiden. Det har blitt gjort mer tilgjengelig, men samtidig er det langt i fra et enkelt brukergrensesnitt. Det kommer frem noen av intervjuobjektene tanker og synspunkter rundt bruken av generative design.

Vasshaug tror at introduksjonen med generative design i Revit 2021 kan bidra til å gjøre det mer tilgjengelig og lette på de manuelle prosessene, men han poengterer at generative design er veldig komplekst. Han forteller at folk undervurderer hvor komplekst det er og kan ikke se for seg at man kan lage noe med generative design kun ved å trykke på en knapp. Slik det er nå i Revit 2021 åpner det Dynamo-skript som er koblet til Project Refinery.

Han forteller at det er oppgaver i Revit 2021 som er relevante, men han er veldig spent på om denne funksjonen gjør at man klarer å finne flere relevante eksempler å bruke dette på. Han sier at alle ønsker å kunne bruke generative design, men han tror det tar lenger tid enn de mest optimistiske tror. Det er egentlig et paradoks med hele verdensutviklingen, teknologiutviklingen i byggebransjen og det menneskelige liv, hvor det går både fort og sakte samtidig. Det ser man veldig tydelig i digital innovasjon i byggebransjen. Han forteller at han bruker genetisk optimalisering på ting som han tegner, men samtidig så sitter han og eksporterer 3D DWGer, slik som for 15 år siden.

Ganz tror også ved at Autodesk gjør generative design mer tilgjengelig, vil man få opp engasjement. Han forteller at alle slike løsninger i sin tidligfase bare skaper interesse fra spesielt interesserte i form av lite brukervennlige grensesnitt og mye egen tilpasning. Så lenge de klarer å gjøre det mer attraktivt, levere det sammen med basisinstallasjonen, skape brukergrensesnitt som de fleste klarer å forholde seg til gjør at det blir mer vanlig og mer tilgjengelig. Alle har ikke interesse av å forsøke seg rundt med visuell programmering og Python. Hvis man klarer å tilgjengeliggjøre det med enkle brukergrensesnitt, hvor man har noen kompliserte nettverk som jobber i bakgrunnen som brukeren ikke engang ser, så tror han nok det blir veldig attraktivt.

Vasshaug forteller at det hender han bruker genetiske optimaliseringsalgoritmer inne i Grasshopper, men det er ofte på svært vanskelige geometriske problemstillinger. Dette er gjerne situasjoner hvor man ønsker å finne en gylden situasjon midt mellom mange ugunstige parametere. Han sier det er sjeldent man har et slikt problem, hvor han mener det får ufortjent mye plass i media, sammenlignet med hvor mye det faktisk brukes.

#### 4.2.6 Automatisering rettet mot entreprenører

I dette underkapittelet vil fokuset være dreid mer mot entreprenøren. Som ble beskrevet av Ahmad, så vil de utførende automatisere ved bruk av roboter. Dette er et av temaene som blir tatt opp, samt bruk av Augmented Reality (AR), KS-systemer og entreprenørens automatiseringsgrad.

Vasshaug forklarer at interessen for automatisering antagelig øker dersom man jobber mye med digitale verktøy, har kurs, og det har blitt brukt mye digitale verktøy under utdannelsen. Han tror dette gjør at det vil være et kortere steg for å se på muligheter ved å automatisere. For entreprenøren vil det være mange tilfeller som er litt distansert fra digital transformasjon, men for en rådgiver er denne veien kortere ettersom de bruker mye av tiden sin på en PC. Likevel sier han at mange mennesker drives av en indre trang til å hele tiden gjøre ting smartere og forbedre det vi gjør, hvor han peker på at det er slik menneskeheten har gjort det i mer enn 50 000 år. Mot den digitale innovasjonen forteller han at det nok skjer kjappast hos de prosjekterende fordi de jobber mer digitalt.

Han sier videre at det virker som arkitektene er de som først tar den nye digitale teknologien i bruk, deretter de rådgivende ingeniørene og til slutt entreprenørene. Dette var i hvert fall slik da BIM ble introdusert legger han til. Han mener det er entreprenørene som har mest å vinne på å automatisere, hvor han mener at deres prosesserer har mye større verdi i nytte-kompleksitet skalaen han fortalte om tidligere. Vasshaug tror det handler mye om konsentrasjonen av mennesker som har interesse og lidenskap for det, hvor han tror dette er lavere hos entreprenørene. Han påpeker at han nå snakker veldig generelt og at det finnes mange eksempler på det motsatte, men at dette er mindre utbredt.

Bakke forteller at de har testet robotteknologi. En av dem var roboten til nLink. Dette er en robot som borrar hull for oppheng av installasjoner, hvor hvert fag også fikk farget hullet sitt med egen farge. De ulike fagene kunne da gå inn i råbygget og se føringene i taket og det var da lett å feste elementene deres. Dette krever likevel at man har en operatør som styrer denne roboten.

Ganz snakker også om samme robot, som han tror er mulig å føre med BIM-data, hvor den gjør det samme automatisk. Han forteller også om en annen robot han har sett, som kjører rundt i bygget og tegner opp hvor alle vegger skal være, der den eventuelt kan merke disse med en kode samtidig. Tømreren vil da ha et bedre underlag for å sette opp forskjellige vegger, da plantegningen vises i 1:1 på gulvet. Han sier at dette kan supplere eller gjøre noe av den samme jobben som AR. Han forteller mer om tankene rundt AR i kapittel 4.2.8.

Bakke sier at noen har testet ut roboter som går rundt og markerer ut veggene, slik som ble nevnt av Ganz, hvor han tror dette kanskje er mer retningen man burde gå. Slik det gjøres nå, måler man seg frem og slår krittspor der veggen skal plasseres. Han tenker i den retningen at fagarbeiderne blir mer montasjearbeidere. Løkken forteller at han ikke helt klarer å se at man klarer å automatisere hva fagarbeiderne gjør i dag, men at man beveger seg mer mot en montasjebransje.

Ganz har liten tro på at man vil se mye av disse robotene fremover. I førsteomgang, ser han problemet med å få robotene til å navigere seg rundt på byggeplassen, hvor han sier de mest sannsynlig trenger hjelp til å bli plassert rundt der de skal utføre arbeidet. Likevel legger han til at han har sett noen roboter fra Boston Dynamics, hvor de har hundelignende roboter, som kan bevege seg rundt på byggeplassen og overkomme hindringer. Han ser

for seg at når AR er operativt, vil man ikke ha bruk for disse robotene som beveger seg rundt og viser hvor ting skal plasseres. Han mener heller at man må satse på roboter som utfører operasjoner, men at det er viktig at de klarer å bevege seg rundt på egenhånd.

Bakke forteller at de har testet Augmented Reality fra Trimble Sight Vision, men problemet med denne er at det har en feilmargin på +/- 2-3 cm. Man vil allerede være over toleransekravet for bygningsdeler som for eksempel betong- og gipsvegger. Han forteller videre at det fungerer ganske bra når det er åpent, men med en gang man kommer noen meter under bakken så får man ikke kontakt med satellitten. Hvis presisjonen i AR blir bedre, har han troen på dette verktøyet. Samtidig vil det være en stor påkostning å utstyre alle med et slikt verktøy.

Han sier at på selskapsnivå så tenker han at man kan automatisere, slik at man for eksempel kan knytte sammen regnskap, faktura og fremdriftsplaner mot samme plattform, dersom en klarer koble sammen virksomhetens systemarkitektur. Han mener man kan se litt mer på hvordan man bruker dataen.

Bakke forteller at de har fire personer som sitter og koder programvare. Han sier det startet med at man hadde mange forskjellige verktøy som for eksempel Dalux, for å markere avvik eller få BIM-modellen ut på nettbrett eller mobil. De fleste av disse verktøyene hadde ikke en kobling til systematisk ferdigstilling, hvor man tester systemer for å se om de virker slik de skal. Etter dette fortsatte de bare å utvikle mer på denne programvaren, som nå har blitt datahvelvet deres, og den foretrukne kommunikasjonsplattformen. De har samlet de fleste tjenester man trenger i én programvare. Han sier at det kanskje går litt tregere å utvikle selv, men da har man all dataen man ønsker, hvor man blant annet kan bruke det til innkjøp og valg av underentreprenører basert på tidligere erfaringer i prosjektgjennomføringen mot pris.

Løkken forteller det er veldig stor forskjell på hvordan man ser på BIM, bruker BIM og kunnskapen om BIM blant stammen av funksjonærer i en bedrift på den størrelsen de er. Han sier det er viktig at alle kan litt og ikke én kan alt.

#### 4.2.7 Muligheter med VR og 4D i BIM

Under intervjuet med Magne Ganz fortalte han om mange innovative teknologier de har startet å benytte seg av. I dette underkapittelet vil det komme frem et par initiativer Multiconsult er på trappene for å sette i gang, eller har satt i gang.

Ganz forteller at de har satt i gang to initiativer nå. Det ene er anvendt 3D-scanning. 3D-scanning er noe de må forholde seg til, men de har ikke god nok metodikk, rutiner og programvarer for å understøtte bruk av dette til de formålene som de kunne tenke seg. Han har da sendt ut en spørreundersøkelse for å kartlegge hva fagene sine behov er og hvilken kunnskap de sitter med i dag. Dette vil da gi datagrunnlag for å tette hull, utvikle et metodeverk og eventuelt kjøpe inn nye programvarer og lisenser for å understøtte det de ønsker å få til.

Han forteller at det andre initiativet er anvendt Virtual Reality (VR). De holder på å teste ut forskjellige programvarer, for å se hvordan dette passer mot hva de ønsker å få til. De har delt dette inn i tre deler;

- (1) – VR for samhandling.
- (2) – VR for salg.
- (3) – VR for spillteknologi.

(1) Ved bruk av VREX, som har likheter med Solibri, kan man se alle fagdisipliners modeller, avdekke kollisjoner og kommunisere med andre deltagere i VR. (2) Hensikten er å begeistre interessenter, hvor det skal se pent ut og man har muligheten til å forflytte seg rundt i prosjektet. (3) Hensikten her er å teste definerte operasjoner. Der man kan gå inn i VR miljøet, gjøre pålagte oppgaver og teste de prosjekterte løsningene.

I den tredje delen tenker de at skal være oppgaver og poengdeling som man kan forvente i et spill. Et scenario de tenker å bruke på et prosjekt er at man starter spillet der man sitter i en rullestol. Det starter en brann i spillet, det er røyk, vanskelig å se og man skal finne utgangen. De føler ikke at de har kommet så langt på dette, men de har identifisert at de har personer i selskapet som kan gjennomføre dette. Hvis de får en bestilling, kan de sette sammen en gruppe som skal klare å løse dette.

Ganz fortelle at de jobber med 4D, hvor de akkurat har kjørt en pilot som går på 4D simulering. Tidsplanen kobles mot elementer i modellen, hvor det i tillegg settes på maskiner og gir de en viss rute. For eksempel hvis det skal borres ned en spunt så ser man spuntborremaskinen beveger seg bortover og setter ned nåler. Dette ble veldig godt mottatt, hvor de kjørte en pilot på dette med NTI CADcenter som leverer Synchro. De ble leid inn som underleverandør i dette pilotprosjektet. Simuleringen ble utført ettersom prosjekteringsgruppa har antatt en byggetid og laget en grov tidsplan. De ønsket å visualisere dette både som en internprosess for å verifisere at tidsplanen man har antatt fungerer, for så bruke det som et kommunikasjonsmiddel til både entreprenør, byggherre og til interessenter. Det er mange som bor på Fornebu som lurer på hva som kommer til å skje i nærheten av dem til enhver tid. Da vil man få et innblikk i det på et grovt nivå. Entreprenører som har kompetanse i Synchro eller 4D-programvare vil ta dette videre på et mer detaljert nivå. Prosjekteringsgruppen har laget dette på månedsbasis, mens entreprenøren vil detaljere dette i større grad.

#### 4.2.8 Fremtiden innen BIM

Det som kommer i dette underkapittelet, vil handle om hva intervjuobjektene tror vil være det neste steget innen BIM. Det kom frem en del forskjellige syn, men flere svar omhandlet samme tema. Enkelte av intervjuobjektene har forskjellige roller innen bransjen, og det vil da være naturlig at de ser mer på hva som ligger innen deres felt, mens andre ser på et større bilde av hele bransjen. Det ble ikke laget noen rammer for tidslinje da intervjuobjektene ble stilt spørsmål, så det vil variere hvor fremtidsrettet svarene er. Flere av intervjuobjektene kommer med flere påstander om hva som kommer til å være fremtiden innen BIM.

Smith forteller at satsningen deres er rettet mot det de kaller digital innovasjon. Som følge av at den teknologiske utviklingen og andre relevante trender åpner opp store muligheter er satsningen både rettet mot å forbedre dagens forretningsmodell og samtidig utforske fremtidens produkter og tjenester. Dette innebærer blant annet å jobbe målrettet med effektivisering, at de ikke lenger kan la være å hente inn dataene de genererer.

Den teknologiske trenden gjør at mange av dagens arbeidsoperasjoner gradvis blir mer effektive, og at flere manuelle operasjoner til og med vil kunne forsvinne. Slik de driver i dag, er mye av aktiviteten rettet mot prosjektering, der man tydelig ser denne trenden. I fremtiden må man da kunne forvente andre arbeidsoppgaver, og må derfor tjene penger på en annen måte. De kan ikke lenger kun ta betalt for hver time de jobber, de må heller ta betalt for verdien av hva de skaper. De er avhengig av å få utnyttet den sparte tiden, hvor de må prøve og feile for å finne ut hvordan forretningsmodellen skal utvikles.

Under dette aspektet går det ut på hvordan de skal utvikle organisasjonen, fornye kompetanse, til hvordan de faktisk anvender teknologien inn i prosjektene og gjør piloter på for eksempel maskinlæring. Han forteller videre at man kan ikke gjøre alt samtidig og må ta ett skritt av gangen. Et av de viktigste områdene er hvordan de skal forvalte dataene man innehar mer enn hva man har gjort tidligere.

Ahmad tror at de neste årene vil det være mest fokus på bærekraft og livsløp innen BIM. Han tror det vil være fokus på vedlikehold av prosjektet slik at man kan følge opp prosjektet med sensorer gjennom sin livssyklus. Han forteller at det er mange sensorer som er tilgjengelige på markedet, men det er mange av dem som ikke blir benyttet. Dette er noe som vil komme mer av og vil bli brukt i større grad.

Vasshaug forteller at fremtiden innen BIM trolig vil omhandle visuell programmering. Han forteller at det begynte for 4-5 år siden. Det er en situasjon som vi er midt i nå, som han ikke helt klarer å se resultatet av. Det kan godt være at om et par år ser man tilbake og innser at det har ført til en stor innovasjon på enkelte deler av bransjen.

Ved hjelp av Dynamo og Grasshopper har visuell programmering gjort at utrolig mange ingeniører, arkitekter og entreprenører har begynt å programmere. Dette kommer av at det har vært gratis, lett tilgjengelig og aktive forum på internett. Han forteller at dette er en bransje med tradisjonelt veldig analoge og manuelle personer, men når fryktelig mange arkitekter og ingeniører verden rundt begynner å programmere, viser dette at det er relevant. Han tror dette vil ha en stor påvirkning på bygg- og anleggsbransjen.

Videre forteller han at det vil bli et mye større utvalg av verktøy, ettersom det er mange flere utviklere på verdensbasis. Han tror det vil komme en eksplosjon i antall tilgjengelige verktøy, bare på grunn av økningen av personer som programmerer.

På kort sikt, forteller Smith at han tror neste steg vil være det parametriske og prosessene rundt dette. Hvis man putter en person som er veldig flink på parametrisk design inn i et prosjekt, kan den personen løse mange oppgaver. Likevel får man nok ofte ikke utnyttet potensialet i teknologien ved at man bruker det på enkeltdeler. Man får trolig den største verdien ved å starte prosessen med å vurdere hele bygget, finne ut hvor fleksibiliteten er, hva som skal holdes fast ved og undersøke hva man får lov til å endre på. Deretter må man bygge opp en parametrisk modell og starte prosjekteringsprosessen, ikke motsatt vei som det ofte gjøres i dag. Ved å gjøre dette, kan man bygge opp parametriseringen som gir deg nødvendig fleksibilitet i prosjekteringen uten at timeforbruket øker. Man får ikke ut verdipotensialet hvis man prosjekterer på samme måte som man alltid har gjort ved å optimalisere smådeler.

Smith forteller videre at det har blitt implementert mye teknologi i bransjen. Hovedvekten av hvordan prosjektene kjøres, har likevel bare blitt flyttet inn i BIM uten at det i stor nok grad har påvirket hvordan prosessene gjennomføres. Så man har enda ikke endret eller gjort noe fundamentalt for hvordan verdikjeden henger sammen. Han tror en endring er på gang, men det er vanskelig å vite nøyaktig hvordan det vil påvirke bransjen.

Han tror at vi kommer til å se den digitale informasjonen settes i sentrum av prosjektgjennomføring, noe som ikke har blitt gjort enda. Man vil da se en endring av hvordan verdikjeden henger sammen, og forhåpentligvis se at det kan gjøres på en mye bedre og effektiv måte. Han tror sammenhengen og blandingen av ingeniører, tømrere og andre fag kommer til å være annerledes. Dette vil gjøre at man kan industrialisere i større grad.

Ved løsningsgenereringen i tidligfase, med informasjonen i sentrum, kan for eksempel teknologier som generative design anvende brukerdata fra driftsfasen, slik at man får reelle gode eksempler som gjør at man kan ta valg på faktisk driftsverdi. Den reelle verdien av et prosjekt er større i driftsfasen enn i utførelsen av et prosjekt. Han tror vi vil gradvis se den digitale informasjon, ikke bare bli pratet om og brukt for å effektivisere enkeltdeler, men at de klarer å sette den i sentrum av prosjektgjennomføringen. Dette vil da endre litt hvordan de opererer.

Ganz referer til det som ble sagt i kapittel 4.2.5 hvor det ble snakket om parametrisering som kan gå over i maskinlæring og AI. Dette gjør at prosjekteringsjobben i større grad blir overtatt av datakraft som generer forslag til hvordan dette skal se ut. Han tror manuell plassering av elementer vil gå nedover med tiden. Det vil nok bli mer regelbasert og auto-generert på alle nivåene i prosessene. Han sa tilbake i 2006 da de begynte med Revit Structure at «BIM is nice to have now, but need to have shortly». Han legger til at dette muligens var lett å se, men det tok ikke veldig mange år før Statsbygg satt krav til BIM i sine prosjekter. Bedriftene som ikke tok den omstillingen, kunne ikke ta oppdrag fra Statsbygg. Når Statsbygg leder an, så vil andre komme etter. Når store kunder kommer med krav, og man ikke klarer å omstille seg raskt nok, så mister man marked.

Olsen forteller at Aas-Jakobsen Trondheim har levert en del modellbaserte leveranser allerede med kun noen få tegninger. Han tenker at det å utløse det potensialet som ligger i at det er maskinlesbar informasjon der vil være det neste steget innen BIM. Man må standardisere informasjonen som ligger i modellen for å dra nytte av det. Sånn som informasjonen struktureres i modellene nå er det veldig opp til prosjektene og er i praksis forskjellig fra firma til firma. Det gjør det vanskelig å gjenbruke den informasjonen på de modellene som er lagret på noe fornuftig vis og eventuelt fremme innovasjon. Han tror dette er viktig å få standardisert. Det behøves også bedre visningsverktøy for å kunne ta i



bruk denne informasjonen. Man må kunne presentere den informasjonen hver part trenger til et gitt bruksområde. Slik det er i dag er det fortsatt behov for tegninger. Dette kommer av at en ikke har et grensesnitt som klarer å presentere en gitt informasjon like effektivt og lesbart som det er på en tegning.

Bakke sier at han tror det blir noe bedre verktøy for fagarbeiderne, slik at de kan dra større nytte av modellene. De har gjort mange analyser på å bygge ut fra modell og kom frem til at det er en veldig stor risiko å gi en fagarbeider en modell for å målsette på egenhånd. Dette kommer av at det ikke er gode nok målsettingsfunksjoner i verktøyene. Når man tar et mål, kan man fort måle fra ytterkant gips i stedet for fra stender, som kan sørge for skjevheter og feil. Hvis man har en vanlig plantegning så har man målsetting fra en akse til en vegg eller lignende. Da vil fagarbeiderne følge den målsetningen. Det er lettere å gå tilbake hvis noen har gjort feil eller skal kontrollere for å se om man har fulgt denne målsettingen. Med tanke på kvalitetsarbeid og henvisning til underlaget det er bygget etter, er det slik at når man jobber fra en modell er det mulig å målsette fra alle objekter da referansen er en modell, men på en tegning er referansen de målene du får utlevert av de prosjekterende. Han håper det neste store steget blir å bruke modellen tidligere for å jobbe etter denne på en lettere måte, og få til tegningsfri byggeplasser.

Troøyen deler samme mening som Bakke og tror også det neste store steget innen BIM vil være slutt på tegninger. Hun sier at BIM blir ofte etterspurt, men utdyper at entreprenør og byggherre får ikke brukt dette fullt ut, og da går 50% av effekten bort. Hun tenker at mer BIM er bedre, men at det ofte stopper opp fra hva de utførende etterspør.

Ganz er også av samme oppfatning av at tegningsfri utførelse vil være det neste store steget. Det er en del som har kjørt pilotprosjekter på dette, hvor han tror de har kommet til samme konklusjon som han har. Han mener det ikke har vært noen programvareutviklere som har gjort en ærlig innsats på å tilrettelegge visningene for håndverkere. Det er den enkle grunnen til at man fremdeles ønsker seg arbeidstegninger.

I flere titalls år har arbeidstegningen spisset seg inn på hva du skal bygge, hvor du skal bygge, målsetting, tagging, gitt struktur og man har enda ikke helt klart å gjenskape dette ved bruk av BIM. Han tror det er to ting som kommer til å skje; (1) De store programvareleverandørene vil forstå betydningen av dette, hvor de kommer til å utvikle et godt verktøy som kan bruke en god BIM-modell direkte videre til håndverkerne. (2) Han tror Augmented Reality kommer til å være en stor bidragsyter på sikt.

Han tenker at hvis man har en hjelmtilpasset HoloLens 2, kan fagarbeiderne dra ned et visir og se hva de skal bygge den dagen. Ved å koble 4D-BIM mot personressurser, kan fagarbeiderne se akkurat de modellelementene som skal bygges. Den skal da vise dette på akkurat like god, eller bedre måte enn om man går og henter arbeidstegninger i hylla. Samtidig håper han at hjelmene vil ha sensorer som sender «as-built» data tilbake til BIM. Ganz forteller at nettbrettene på sikt vil bli byttet ut med disse visirene på hjelmene. Han tror at de store programvareutviklerne er klar over at dette er noe bransjen har behov for.

Grifasi tror at det neste store steget innen BIM vil være at man har kvalitetssikring av bygningselementer koblet opp mot modellen. Nå printer hun ut en tegning, deretter kontrolleres de mot sjekklister, og man er avhengig av å ha modellen fremfor seg for å ha kontroll. Hun sier dette er veldig manuelt og krever mye tid. Man er avhengig av å ha en kvalitetssikring, men noe av dette kunne vært fanget opp digitalt.

Løkken tenker de neste store stegene innen BIM vil være 4D og 5D i BIM, der man får inn fremdriftsplan og økonomi. Dersom man følger byggeprosessen og legger til bygningsdel

for bygningsdel, kan man måle dette mot økonomien. Han sier at teknologien allerede er til stede, men at det er vanskelig å få med alle på dette.

Alvsåker<sup>1</sup> sier at COWI har nå begynt å satse på energi og miljø som skal bli modellbasert, og de tenker å integrere BREEAM inn i modelleringen. Hun viste også et stort engasjement rundt modellbasert drift, hvor man bruker IoT til å overvåke bygningselementer. Dataen man får inn kan man bruke til å se hvordan situasjonen er i dag, men den kan også brukes til å forutse situasjoner, da man har store mengder data å gå ut ifra. Hun viste til et eksempel om overvåking av rør og kummer, og ser for seg at de vil kunne bruke dataen fra IoT for å optimalisere anleggene i nærmeste fremtid.

---

<sup>1</sup> Spørsmålet om neste store steg innen BIM ble lagt til i intervjuguiden etter dette intervjuet. Det vil derfor bli lagt frem noen fremtidsrettede temaer hun tok opp.

### 4.3 Ulike ingeniørproppgavers grad av og potensiale til automatisering

I de neste to delkapitlene, følger aktiviteter som er belyst under aksjonsforskningen i konsultantselskapet og i dybdeintervjuene. Aktivitetene er delt opp i de aktivitetene som ble identifisert i aksjonsforskningen i kapittel 4.3.1, og de aktivitetene som ble identifisert i dybdeintervjuene i kapittel 4.3.2.

Det er benyttet rammeverket til Rashasingham & Hjelseth (2020) for å kvantifisere aktivitetenes automatiseringsgrad. Rammeverket benyttes i denne oppgaven for å utforske **hvilke ingeniørfaglige aktiviteter som er relevant å automatisere**, og **hvordan de kan tas i bruk i en konkret løsning**.

Rammeverkets poengskala er definert som vist i Tabell 3.

**Tabell 3: Poengskala for automatiseringsgrad**

		Poeng	Forklaring
Automatiseringsgrad	Lav	1	Manuell sjekk, endres manuelt, aktiveres manuelt
		2	Manuell sjekk, endres automatisk, aktiveres manuelt
	Middels	3	Automatisk sjekk, endres manuelt, aktiveres manuelt
		4	Automatisk sjekk, endres manuelt, aktiveres automatisk
	Høy	5	Automatisk sjekk, endres automatisk, aktiveres manuelt
		6	Automatisk sjekk, endres automatisk, aktiveres automatisk

Et eksempel på en aktivitet med middels grad av automatisering er rettskrivingsfunksjonen i Word. Denne aktiviteten vil få fire poeng, da den automatisk hele tiden sjekker hva man skriver, den aktiveres automatisk da den understreker potensielle feil med en rød strek, og den endres manuelt ved å høyreklikke på ordet Word har foreslått endringer for.

Videre i oppgaven vil dagens situasjon settes opp mot den mulige fremtidig gjennomføringen. For at aktivitetene skal kunne differensieres, er det valgt å vurdere endringen i automatiseringsgrad, multiplisert med egnethet for automatisering. Disse resultatene er oppsummert i kapittel 4.4.

Aktivitetene deles inn i tre kategorier for å kunne vurdere de forskjellige stegene i aktiviteten hver for seg. Input, processing<sup>2</sup> og output er stegene hver aktivitet er delt opp i. Med input menes de forutsetningene som må ligge til grunn for å utføre aktiviteten. Dette kan innebære parametere, BIM-modell, tegninger etc. Processing er operasjonen man

---

<sup>2</sup> Preparation er endret til processing, da forfatterne fikk inntrykk av at intervjuobjektene forstod rammeverket bedre med denne terminologien.

utfører med inputverdiene. Output er resultatene som følge av processing, og kan være lister, filer, oppdaterte data etc.

Egnethetsmatrisen, ble utviklet etter intervjuet med Vasshaug. Som nevnt i kapittel 4.2.3, benytter han en graf for å vurdere prosjektets kompleksitet mot nytteverdien. I denne oppgaven er en av differensieringskriteriene basert på denne uttalelsen, og under er det presentert en figur som tar utgangspunkt i nytte-/ kompleksitetsgraf til Vasshaug. I Tabell 4, er det beskrevet ytterligere hvilke kriterier som legges til grunn for nivåene som gjelder nytteverdi og kompleksitet.

		Nytteverdi		
		Lav	Middels	Høy
Kompleksitet	Lav	3	4	5
	Middels	2	3	4
	Høy	1	2	3

Figur 7: Poengskala for endringens egnethet

Tabell 4: Forklaring av endringens egnethet

Nytteverdi	Lav	Små endringer i tid og/eller manuell innsats for å produsere det samme resultatet, eller et marginalt forbedret resultat.
	Middels	Forbedring i tid og/eller innsats for å produsere det samme resultatet, eller et bedre resultat.
	Høy	Svært god forbedring fra dagens situasjon. Drastisk reduksjon i ressursbruk.
Kompleksitet	Lav	Teknologien finnes, mindre justeringer må til for å gjennomføre endringen. Utviklingen involverer få personer og få disipliner.
	Middels	Krever en viss kompetanse innen visuell eller tekstuell programmering for å utvikle løsningen. Utviklingen involverer et moderat antall personer og/eller disipliner.
	Høy	Krever høy kompetanse innen visuell programmering eller tekstuell programmering over flere ledd og/eller disipliner for å utvikle løsningen. Programvare må utvikles, endres, eller tilpasses aktivitetens behov.

### 4.3.1 Aktiviteter fra aksjonsforskningen

Aktivitetene som blir presentert i dette kapitlet er utvalgte aktiviteter som kom frem under aksjonsforskningens gjennomføring i konsulentselskapet.

1. Eierskap til BIM-objekter
2. Deteksjon av utelatte BIM-objekter
3. Utarbeiding av kontrollvisninger
4. Modellering av 3D-armering
5. Samsvarskontroll mellom FEM og BIM
6. Produksjon og gjenbruk av detaljtegninger
7. Kollisjonskontroll som genererer løsning
8. Eksport av BIM-modell til standardiserte IFC-filer

### Aktivitet 1: Eierskap til BIM-objekter

Eierskap til BIM-objekter skaper problemer for den rådgivende ingeniørens produktivitet. BIM-objekter «eies» ofte på disiplinivå, og man kan kun endre på objekter innenfor egen disiplin. Dette kan for eksempel innebære at arkitekten eier alle dører i prosjektet, og elektroingeniøren må derfor samarbeide tett med arkitekten, slik at dører med adgangskontroll, automatiske døråpnere ol. kommer med i arkitektens dørparametere.

Selv om denne aktiviteten ble identifisert i aksjonsforskningen, har den også blitt nevnt av Grifasi i intervjuet med henne. Grifasi, nevnte at denne oppgaven, per dags dato oppleves ekstremt manuelt. Hun beskriver prosessen med å ha kontroll på alle prosjektets dører som arkitektens mareritt.

**Tabell 5: Automatiseringsgrad – Eierskap til BIM-objekt**

Grad av automatisering (1-6)					
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	Egnethet
Dagens situasjon	1	1	1	1	
Mulig fremtidig gjennomføring	5	3	5	4,33	4

#### Dagens situasjon

Input:	RIE kartlegger hvilke dører som må ha adgangskontroll, automatiske døråpnere osv.
Processing:	RIE modellerer dummydører <sup>3</sup> med relevante parametere.
Output:	ARK oppdaterer hver enkelt dør med RIEs parametere manuelt.

#### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	Programvaren velger hvilke dører som behøver adgangskontroll, automatiske døråpnere osv. basert på forhåndsdefinerte regler.
Processing:	RIE kontrollerer, legger til eller trekker fra dører som ikke er aktuelle. RIE publiserer endringen på prosjekthotell, BIM360 eller lignende.
Output:	ARK sine dører blir oppdatert ved å laste inn RIEs parametere. Parameterne kan leses og skrives ved hjelp av Dynamoskript eller egenutviklet programvare.
Egnethet:	Aktivitetens kompleksitet vurderes til middels, da det krever en viss form for tekstuell eller visuell programmering. Nytteverdien vurderes til høy, da nødvendige manuelle operasjoner og den tverrfaglige, iterative, prosessen for oppdatering av dørparametere reduseres drastisk. Det er mulig med dagens verktøy (Dynamo, pyRevit el.) å velge alle dører som er i tilknytning romnavn som H.WC, entré, auditorium, og andre universelt utformede rom som typisk behøver automatiske døråpnere for å ferdes.

<sup>3</sup> Dummydør er en falsk dør, som ikke tas med i det ferdige produktet. Da RIE ikke har skriverrettigheter i ARKs BIM-modell, brukes dette som en mellomlagring for RIEs parametere.

## Aktivitet 2: Deteksjon av utelatte BIM-komponenter

Deteksjon av utelatte BIM-komponenter kan være et problem ved store prosjekter med flere tusen komponenter. Dersom for eksempel røykdetektorer i himling skulle blitt utelatt, uten å oppdages, ville dette kunne fått fatale konsekvenser ved en eventuell brann. Å sørge for at all nødvendig informasjon er med i BIM-modellen krever at den prosjekterende er årvåken og har god kontroll i eget arbeid. Tverrfaglige BIM-modeller har varierende grad av modenhet, hvor noen etasjer eller soner er mer detaljert enn andre til enhver tid. Den varierende modelleringen kan derfor bli påvirket av dette. En RIE modellerer inn alt fra kabelbroer og belysning til røykdetektorer og videokameraer. I løpet av en dag kan man risikere å måtte modellere flere forskjellige kategorier, og dette gjør det krevende å holde kontroll på.

**Tabell 6: Automatiseringsgrad – Deteksjon av utelatte BIM-komponenter**

	Grad av automatisering (1-6)				Egnethet
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	
Dagens situasjon	1	1	1	1	
Mulig fremtidig gjennomføring	2	5	3	3,33	3

### Dagens situasjon

Input:	Manuell gjennomgang av modellen eller deler av modellen.
Processing:	Føre liste over mangler og utbedringer. Modellere inn de manglende komponentene.
Output:	Kvalitetssikret modell eller deler av modellen.

### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	BIM-komponentene og de geografiske sonene som skal undersøkes.
Processing:	Skriptet detekterer områder som ikke oppfyller de tekniske kravene, f.eks. at en branncelle > 800 m <sup>2</sup> i risikoklasse 1 har sprinkleranlegg (Dibk, 2017).
Output:	Skriptet generer en liste med geografiske avgrensede områder som mangler BIM-komponenter, og hvilke komponenter som mangler. Ingeniøren modellerer inn de manglende komponentene.
Egnethet:	Aktiviteten krever at utvikleren har høy kunnskap innen visuell programmering og hvordan transformere myndighetskrav i tekstform over til maskinleselig kode. Den vurderes derfor til høy kompleksitet. Likevel sørger den for et mer presist prosjekteringsgrunnlag, som bidrar til mindre feil på byggeplass. Det kan også argumenteres for at aktiviteten potensielt kan spare liv, dersom man kan fange opp sprinkleranlegg, røykdetektorer og lignende, som ikke er modellert inn, og som påvirker rømningstiden. Den vurderes derfor til høy nytteverdi.

### Aktivitet 3: Utarbeiding av kontrollvisninger

En av aktivitetene de rådgivende ingeniørene i konsultentselskapet så på som ekstremt viktig var «kontrollvisninger». Kontrollvisninger er en 2D- eller 3D-visning i et BIM-program, som har som hensikt å skape visuell oversikt, kontroll i eget arbeid eller som grunnlag for tverrfaglig gjennomgang av ulike avgrensede områder. Dette kan gjøres ved å skru av eller på synligheten til objekter, slik at objekter som ikke er interessante for det man ønsker å se på blir utelatt. Man kan også styre objektenes farge eller visning ved hjelp av filtre. Et eksempel på et slikt regelbasert filter kan være at man viser kun dører med bredde > 920 mm. Alle andre dører vil da være skjult, så fremt de er klassifisert som en dør i BIM-modellen.

**Tabell 7: Automatiseringsgrad – Utarbeiding av kontrollvisninger**

	Grad av automatisering (1-6)				Egnethet
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	
Dagens situasjon	1	1	1	1	
Mulig fremtidig gjennomføring	2	6	1	3	3

#### Dagens situasjon

Input:	En foretrukken malvisning i 2D eller 3D, som dekker området man ønsker å undersøke.
Processing:	Malvisningen dupliseres, kopien manipuleres, avgrensningen til det foretrukne området justeres ved hjelp av section box el. Og regler for visningen opprettes.
Output:	Visningen kontrolleres visuelt, og feil eller mangler utbedres.

#### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	Ingeniøren velger hvilke soner som skal undersøkes og hvilken mal som skal følges for visningsinnstillingene. Visningsinnstillingene standardiseres og er likt for hvert avgrensa område. Dersom man ønsker å sortere etter rom per etasje, kan tilleggspakker som DataShapes benyttes for å generere en avhukingsliste til brukeren.
Processing:	Ved hjelp av skript dupliseres visningene og legger på visningsregler for hver enkelt visning. Visninger kan generes automatisk og avgrenses til rommets omriss, med en eventuell forskyvning for å få med alt. Skriptet navngir den nye visningen etter regler definert i skriptet.
Output:	Visningen kontrolleres visuelt av ingeniøren, og feil eller mangler utbedres.
Egnethet:	Aktiviteten krever at ingeniøren har kunnskap om visuell programmering for å utvikle et slikt skript, og vurderes derfor til middels kompleksitet. Selv om dagens situasjon er meget manuell, er den ikke så tidkrevende at nytteverdien kan vurderes noe høyere enn middels.



#### Aktivitet 4: Modellering av 3D-armering

En stor del av hverdagen til byggingeniørene i konsultentselskapet består av 3D-modellering. Manuell tegning av armering utgjør en stor del av 3D-modelleringen for en RIB. 3D-armering i Revit er manuell i sin art, da hvert enkelt betongelement har armeringen og dens informasjon tilknyttet seg. Revit har en del funksjonalitet for områdearmering, men likevel forteller byggingeniørene i konsultentselskapet, at all detaljeringen oppleves svært manuell og tidkrevende. Dette gjelder spesielt knutepunkter, som har varierende grad av påkjenning ut ifra plassering, type sammensetning og byggets lastsituasjon.

**Tabell 8: Automatiseringsgrad – Modellering av 3D-armering**

	Grad av automatisering (1-6)				Egnethet
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	
Dagens situasjon	1	1	1	1	
Mulig fremtidig gjennomføring	5	5	1	3,66	3

#### Dagens situasjon

Input:	Objektet som skal armeres velges.
Processing:	Parametere manipuleres manuelt til å passe til situasjonen.
Output:	Modellerer inn eventuelle overganger til andre betongelementer. Må gjentas for hvert objekt som skal armeres

#### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	For eksempel en struXML-fil <sup>4</sup> med informasjon om elementene, armeringsdiameter, plassering, avstand og formkode eksporteres fra FEM-programmet.
Processing:	Et Dynamoskript leser informasjonen fra struXML-filen og plasserer ut armeringen automatisk for søyler, vegger, fundamenter, dekker og bjelker.
Output:	Økt sikkerhet i prosjekteringsgrunnlaget, parametrisk modell som tilpasses endringer. Overgang til andre elementer må modelleres manuelt og det må sjekkes manuelt for å overholde sikkerheten.
Egnethet:	Å utarbeide skript i visuell programmering som kan lese informasjon fra en fil krever høy forståelse innen både visuell og tekstuell programmering. Det må antageligvis utarbeides egne noder og koder i programmiljøet for å standardisere informasjon som sendes inn og leses av programmet. Det vurderes derfor til høy kompleksitet og høy nytteverdi, da det vil redusere potensialet for feil hos RIB, og drastisk redusere tiden man bruker på å modellere armeringen.

<sup>4</sup> struXML er en tekstfil som inneholder informasjon om geometri, tverrsnitt, materialtype, opplagerbetingelser og gridlinjer. Kan eksporteres med tilleggsprogram til for eksempel Revit eller Tekla, og leses av FEM-design eller vice versa.

### Aktivitet 5: Samsvarskontroll mellom FEM og BIM

Samsvarskontroll mellom FEM- og BIM-modellen er en oppgave som har skapt mye frustrasjon for RIB. Slik det er i dag i konsultentselskapet, stoler ikke RIB på BIM-modellen for FEM-beregninger, og tegner derfor heller opp to uavhengige modeller i stedet for å overføre geometrien fra BIM-modellen. Det blir nevnt at å opprettholde kontrollen over eget arbeid er viktigere enn den tiden det tar å modellere to uavhengige modeller. Likevel, er det viktig at FEM-modellen stemmer overens med det som skal bygges, og er et argument for å minimere den manuelle modelleringen.

**Tabell 9: Automatiseringsgrad – Samsvarskontroll mellom FEM og BIM**

	Grad av automatisering (1-6)				
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	Egnethet
Dagens situasjon	2	1	1	1,33	
Mulig fremtidig gjennomføring	5	3	5	4,33	3

#### Dagens situasjon

Input:	Prosjektnullpunkt, grids og etasjeplan eksporteres fra BIM-modellen til FEM-modellen. På dette tidspunktet, er BIM-modellens bæresystem konseptuelt.
Processing:	FEM-modellen tegnes opp, tverrsnittene fra den konseptuelle BIM-modellen modelleres opp, laster påføres og FEM-analyser kjøres. De nødvendige tverrsnitts- og avstandsjusteringene gjøres.
Output:	BIM-modellen oppdateres med riktige tverrsnitt, avstander og eventuell armering manuelt.

#### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	BIM-modellen som IFC- eller struXML-fil.
Processing:	BIM-modellen overføres til FEM-programmet. Programmet oppretter tverrsnitt, materialtyper og geometri basert på BIM-modellens input verdier. RIB blir varslet om feil og mangler, f.eks. noder som ikke er koblet sammen. Analysen utføres, tverrsnitt og avstander oppdateres. Eventuell ny analyse kjøres.
Output:	FEM-modellen overføres til BIM-programmet, og overskrider eksisterende BIM-objekter.
Egnethet:	Tilleggsprogrammer som «Strusoft StruXML» finnes allerede, er gratis, og er enkel å ta i bruk. For at programmet skal kunne tas i bruk effektivt, må BIM-modellens elementer og analyselinjer være nøye modellert. Aktiviteten vurderes som middels kompleks, og nytteverdien som middels, da man må øke nøyaktigheten og endre prosessene for modelleringen i BIM-modellen for å oppnå sømløs overføring. Dersom analyselinjene ikke stemmer i BIM-modellen, vil de heller ikke stemme når de overføres til FEM-programmet.

## Aktivitet 6: Produksjon og gjenbruk av detaljtegninger

En av arkitektene nevnte at det medgår mye tid på produksjon av detaljtegninger. Han presiserte også at veldig ofte, er det kun mindre justeringer som skal til for å prosjektilpasse en detaljtegning. Selv om denne aktiviteten er mest aktuell for ARK, er dette trolig også egnet for RIB, RIV og RIE. ARK har ofte objekter med flere lag, som programvaren per dags dato ikke helt forstår hvordan den skal sammenføre. For eksempel ved en vegg – dekke – vegg sammenføring, vil ikke BIM-programmet forstå at kledningen skal forbi og forkanten må isoleres for å ivareta kravene til kuldebro. Å modellere inn dette, og alle andre overganger i hele bygget, er ekstremt tidkrevende. En forenkling som derfor ofte gjøres, er å produsere prinsippdetaljer for ulike overganger i stedet for å modellere alle detaljene riktig. Dersom prosjektet har krav til tegningsfri byggeplass, selv uten detaljtegninger, vil situasjonen basert på hvordan programvaren er utviklet gjøre at det uansett vil være hensiktsmessig å produsere detaljtegninger fremfor at modellen er eksakt.

**Tabell 10: Automatiseringsgrad – Produksjon og gjenbruk av detaljtegninger**

	Grad av automatisering (1-6)				Egnethet
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	
Dagens situasjon	1	1	1	1	
Mulig fremtidig gjennomføring	1	3	5	3	4

### Dagens situasjon

Input:	BIM-modell og prinsippdetaljer fra SINTEF Byggforsk som DWG.
Processing:	Detaljer importeres som DWG fra SINTEF Byggforsk, tilpasses prosjektet manuelt ved hjelp av Revit, AutoCAD el. og eventuelt linkes inn som DWG.
Output:	Visningsark som en prinsippskisse for overgangen.

### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	Ta i bruk et parametriske detaljbibliotek med de mest vanlige detaljene, som enten blir utviklet av SINTEF Byggforsk, eller kommer fra tidligere prosjekter.
Processing:	Importer detaljen i BIM-modellen, endre på tykkelse og/eller material for sjiktene til å passe situasjonen. For eksempel ved å endre skravurtype på detaljen ved hjelp av filled region i Revit. Piler med forklaringstekst om materialtype og kvalitet oppdateres automatisk dersom man endrer.
Output:	Detaljen legges til i riktig visningsark
Egnethet:	Ved å bruke filled region i Revit, under fanen annotate, kan man produsere detaljer på relativt kort tid. Denne kan videre lagres i et drafting view, og enkelt eksporteres ut av prosjektet for fremtidig gjenbruk. Ved å dra i piler, endre dimensjoner og/eller material, kan man enkelt produsere detaljtegninger med minimal innsats. Aktiviteten vurderes til lav kompleksitet, middels nytteverdi.

### Aktivitet 7: Kollisjonskontroll som genererer løsning

Kollisjonskontroll er en aktivitet som varierer i hyppighet. I starten av prosjekteringen kan det være opptil flere kollisjonskontroller ukentlig, mens mot slutten kan det være annenhver uke eller sjeldnere. Dette er en aktivitet som er mer behovsstyrt, og brukes som et hjelpemiddel for å identifisere BIM-objekter som kolliderer. Kollisjonskontroll er et viktig verktøy for de prosjekterende, da det bidrar til å styrke det tverrfaglige samarbeidet. I en stor modell kan det være flere hundre kollisjoner i tidligfase. Dette er svært arbeidskrevende å rette opp i, og å delegere oppgaver til de som må rette opp i feilen. Noen kollisjoner vil det bli diskusjon om hvem som faktisk er ansvarlig, og kan føre til krangler mellom de ulike disiplinene. I følge Consigli AS, er kollisjonskontroller tids- og kostnadsbesparende og graden av nødvendighet øker med prosjektets kompleksitet (Consigli AS, 2012).

**Tabell 11: Automatiseringsgrad – Kollisjonskontroll som genererer løsning**

	Grad av automatisering (1-6)				Egnethet
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	
Dagens situasjon	1	3	2	2	
Mulig fremtidig gjennomføring	6	6	2	4,66	3

#### Dagens situasjon

Input:	IFC-modeller lastes ned fra prosjekthotell og settes sammen til en sammensatt modell i Solibri Model Checker.
Processing:	Kollisjonskontroll kjøres i Solibri Model Checker.
Output:	Rapport genereres og ansvarlige for utbedringen blir listet opp.

#### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	IFC-modeller synkroniseres daglig eller ukentlig til et prosjekthotell automatisk.
Processing:	Nyeste versjon av hver disiplins modell settes sammen og kollisjonskontroll utføres av programvaren. Ved eventuelle kollisjoner, generer programvaren, ved hjelp av regelsjekker, forslag til løsninger som unngår kollisjonen.
Output:	Ansvarlige for utbedring genereres av programmet og kontrolleres av BIM-koordinator. Visninger genereres for kollisjonene, og sendes til de ansvarlige. Hvem som er ansvarlig kan vurderes ut fra hvem som tegnet sist der kollisjonen oppstod, med regler for «forkjørsrett» og hvor kritisk kollisjonen er. De ansvarlige godtar eller avslår løsningen. Dersom det blir avslått, må det undersøkes nærmere av BIM-koordinator, og opprettes dialog mellom de involverte.
Egnethet:	Aktiviteten kan kutte ned mye unødvendig møtevirksomhet for de prosjekterende. Utviklingen av programmets regelstyring krever en kombinasjon av høy tverrfaglig forståelse og høye programmeringskunnskaper. Aktiviteten vurderes derfor til høy kompleksitet, høy nytte.

### **Aktivitet 8: Eksport av BIM-modell til standardiserte IFC-filer**

Det å eksportere en IFC-modell fra BIM-programmer er en aktivitet som går igjen, og var en av aktivitetene konsultentselskapet fokuserte på. For å sørge for en uavhengig plattform for visninger og innhenting av informasjon fra Revit, ArchiCAD, Tekla eller annen programvare, benyttes filformatet IFC. Det er en oppgave som er repeterende og hyppigheten avhenger av prosjektdeltakernes krav til leveranser. Aktiviteten oppleves som lite standardisert, og det er mange ulike måter å eksportere til IFC. Det er derfor ønskelig å fjerne det leddet hvor man manuelt eksporterer og laster opp det oppdaterte materialet, om det er ukentlig eller daglig.

**Tabell 12: Automatiseringsgrad – Eksport av BIM-modell til standardiserte IFC-filer**

	<b>Grad av automatisering (1-6)</b>				
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	Egnethet
Dagens situasjon	1	2	1	1,33	
Mulig fremtidig gjennomføring	5	6	6	5,66	3

#### **Dagens situasjon**

Input:	BIM-modellen med mal- eller mapping-fil til IFC og hvilken informasjon som skal med.
Processing:	Eksporterer modellen til IFC. Manuelle tilpasninger på innstillingene.
Output:	Lastes opp og deles med de andre prosjekterende, entreprenøren og byggherre.

#### **Mulig fremtidig gjennomføring**

Input:	Egenutviklet tilleggsprogram til BIM-programmet, som eksporterer BIM-modell til IFC-filer tilpasset de ulike programvarene.
Processing:	Programmet tilpasser IFC-filen til ønsket programvare, og synkroniserer til prosjekthotellet. Konverteres til IFC etter forhåndsdefinerte, standardiserte visningsregler, slik at elementene blir koblet til riktig IFC-kategori.
Output:	Standardisert IFC-fil egnet for ønsket programvare, uten feil og mangler.
Egnethet:	Det krever jevnlig vedlikehold av programvaren, og kvalifiserer derfor til høy kompleksitet. Siden de prosjekterende slipper å gjennomføre konverteringen, opplastningen, og informasjonen i IFC-filen blir standardisert, vurderes nytteverdien til høy.

### 4.3.2 Aktiviteter fra dybdeintervjuene

Intervjuene som foregikk i begynnelsen av mai, ga forfatterne ytterligere innsikt i bransjens behov for automatisering. Validiteten i resultatene ble ivaretatt ved at endringsdrivere, med høy teknologisk kompetanse presenterte aktiviteter og prosesser de hadde automatisert, og på hvilken måte. Forfatterne fylte og ut tabeller med ulike aktiviteters automatiseringsgrad i samråd med intervjuobjektene. Aktivitetene er en blanding av aktiviteter de har automatisert, har planlagt å automatisere, ser behovet for å automatisere, eller forfatterne har foreslått.

Det er flere aktiviteter som går igjen blant intervjuobjektene. IFC-eksport er nevnt som del av eller forutsetning for noen av de tidligere aktivitetene i kapittel 4.3.1.

9. Overføring av BIM-modeller mellom konsulentene

10. Produksjon av arbeidstegninger i BIM

11. Varierende geometri i BIM-modeller

12. Endring av geometri og plassering av BIM-objekter

13. Mengdeuttak

14. Tegningsfri byggeplass

15. Dokumentasjon av utført arbeid

16. Visualisering av status ved hjelp av MMI

### Aktivitet 9: Overføring av BIM-modeller mellom konsulentene

Tradisjonelt sett, benytter man IFC slik at det ikke stilles krav til hvilke program de forskjellige ingeniørene tar i bruk. Ut ifra intervjuene kommer det frem at det ikke er uvanlig at en RIB benytter Tekla og en ARK benytter ArchiCAD. Alvsåker forteller at COWI har utarbeidet et tilleggsprogram som åpner BIM-modellen, eksporterer til IFC etter gitte regler og tidspunkt, for deretter å lukke modellen. I konsulentselskapet opplevde forfatterne det som noe de ønsket å få utarbeidet.

Hensikten med å automatisere en oppgave som dette, er å transformere den kjedelige, rutinebaserte, manuelle aktiviteten, som må gjøres for å kunne få til et tverrfaglig samarbeid, til en autonom oppgave. Ikke minst vil man spare inn den dødtiden hvor programmet er låst ved eksport og import og ved synkroniseringen til prosjekthotellet.

**Tabell 13: Automatiseringsgrad – Overføring av BIM-modeller mellom konsulentene**

	Grad av automatisering (1-6)				
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	Egnethet
Dagens situasjon	2	1	2	1,66	
Mulig fremtidig gjennomføring	6	6	6	6	3

#### Dagens situasjon

Input:	Alle de prosjekterende eksporterer hver sin modell til IFC.
Processing:	Modellene lastes opp på et prosjekthotell.
Output:	De prosjekterende laster ned og kopierer inn / linker modellene eller visningene som er nødvendige for sin egen modell.

#### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	Daglig eller ukentlig automatisk eksportering og konvertering av modell til IFC etter arbeidstid.
Processing:	Automatisk synkronisering til prosjekthotellet, ved forhåndsdefinerte tidsintervaller.
Output:	Automatisk synkronisering i egen modell med nye og oppdaterte modeller fra andre disipliner.
Egnethet:	Automatiseringen av aktiviteten på tvers av programvarer krever et robust verktøy som jevnlig må vedlikeholdes. Dersom oppdateringer skjer i et programs eksportfunksjon, må det egenutviklede programmet trolig endres. Dette er en aktivitet flere av de prosjekterende i konsulentselskapet har etterspurt, og Alvsåker sier prosessen har spart dem for mye tid. Derfor vurderes aktiviteten til høy kompleksitet, høy nytteverdi.

## Aktivitet 10: Produksjon av arbeidstegninger i BIM-modeller

Tegningsproduksjon i BIM-programmer er en aktivitet som er preget av mye manuelt arbeid. Ikke bare skal tegningene ha med all relevant informasjon, men de må også være oversiktlige slik at ikke de som skal ta de i bruk blir overveldet. Ofte oppretter de forskjellige rådgivende ingeniørene flere ulike plantegninger. En arkitekt vil opprette, i de fleste tilfeller, en plantegning med mål til vinduer, dører, søyler, innervegger osv., en himlingsplan som viser gridlinjene til systemhimlingen, møbleringsplaner, snitt- og fasadetegninger og så videre. Avhengig av størrelse på prosjektet, kan antall nødvendige tegninger variere i stor grad. I noen prosjekter kan det være 10 tegninger per plan, fordelt på alle de prosjekterende. I andre prosjekter kan det være 30 eller flere, avhengig av hvor mange soner en etasje deles opp i, og kompleksiteten til prosjektet. Antall tags og nødvendige mål styres ut fra antall objekter som er modellert.

**Tabell 14: Automatiseringsgrad – Produksjon av arbeidstegninger i BIM-modeller**

	Grad av automatisering (1-6)				
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	Egnethet
Dagens situasjon	1	2	1	1,33	
Mulig fremtidig gjennomføring	2	5	5	4	5

### Dagens situasjon

Input:	Alle de prosjekterende modellerer sine egne objekter, og tagger og målsetter disse deretter.
Processing:	Modellene sammenstilles og kontrollerer plasseringen i en tverrfaglig kontroll.
Output:	Alle objekter som godkjennes i den tverrfaglige kontrollen beholder taggingen sin. Objekter som ikke er godkjent må justeres manuelt, og arbeidstegningene genereres.

### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	BIM-modellen som skal brukes for å produsere arbeidstegningene.
Processing:	Tagges og målsettes automatisk. Regler for tagging og målsetting styres ut fra hvilken tegning som skal produseres. For eksempel kan en plantegning inneholde regler som målsetter alle søyler fra senter av søylen til nærmeste horisontale og vertikale gridlinje. For RIE og RIV kan alle komponentkoder påføres komponentene etter Statsbyggs tverrfaglige merkesystem (Statsbygg, 2017).
Output:	Godkjente arbeidstegninger eksporteres og synkroniseres i de utførende sine BIM-kiosker og nettbrett automatisk.
Egnethet:	Utarbeidelse av skript og reglene for hvordan tags og målsetting skal fungere, krever noe kunnskap innen programmering og kjennskap til de forskjellige fagenes preferanser. Derfor vurderes kompleksiteten til middels. Siden objekter eies på disiplinivå, kan det være aktuelt å bryte prosessen ned og tilpasses hver disiplin. Da flere uavhengige disipliner fra konsulentselskapet, og enkelte av intervjuobjektene har nevnt at manuell detaljering er tidkrevende, vurderes nytteverdien som høy.



### Aktivitet 11: Varierende geometri i BIM-modellen

En aktivitet som RIB ofte kommer over er nedsenkede deler av et dekke. Ofte ønsker man terskelfrie overganger inn mot badetrom, og for å sørge for tilstrekkelig fall, er det ikke uvanlig å senke dekke et par cm i denne sonen. Dette må likevel modelleres i BIM-modellen, og kan være tidkrevende dersom det er mange forekomster av samme rom, for eksempel et hotell.

I intervjuet med Trøøyen, nevnte hun at de nylig hadde endret rutiner for hvordan de modellerte nedsenk i dekker. Hun nevnte videre at de hadde estimert en tid på ca. 4 min per nedsenk ved gammel løsning, mens med ny løsning tok det ca. 1 min. De hadde 120 nedsenk i prosjektet, og tidsbesparelsen ble derfor stor, med enkle tiltak.

**Tabell 15: Automatiseringsgrad – Varierende geometri i BIM-modellen**

<b>Grad av automatisering (1-6)</b>					
	Input	Processing	Output	$(I+P+O)/3$	Egnethet
Dagens situasjon	1	1	1	1	
Mulig fremtidig gjennomføring	2*	1	1	1,33	5

#### **Dagens situasjon**

Input:	Lage et tomromselement (void) i BIM-programmet, med samme omriss som sonen eller rommet, per tilfelle.
Processing:	Kutte geometrien til dekke med den overlappende geometrien til tomromselementet, per tilfelle.
Output:	Ny geometri for dekke.

#### **Mulig fremtidig gjennomføring**

Input:	Lager en situasjonstilpasset «familie» i Revit.
Processing:	Kopierer rundt på dekkene, justerer geometrien med enkle tilpasninger.
Output:	Ny geometri for dekke.
Egnethet:	Ved å bruke omtrent 25% av tiden ved ny gjennomføring mot tidligere gjennomføring, ved enkle metoder, kvalifiserer aktiviteten til høy nytteverdi, lav kompleksitet.

\*Input for mulig fremtidig gjennomføring er vurdert til en 2 (toer), da den kan brukes videre ved å lastes inn i nye prosjekter, og tilpasses ved å endre på parametrene.

## Aktivitet 12: Endring av geometri og plassering av BIM-objekter

Store samferdselsprosjekter har ofte mange involverte private og profesjonelle interessenter. Det er mange å ta hensyn til, og prosjektets geometri er i konstant endring. I samferdselsprosjekter kan prosjekteringsbiten derfor ta lang tid, dersom det gjøres helt manuelt. Har man en høy detaljeringsgrad og veilinjen endres, må man også flytte lys, skilt og andre BIM-objekter manuelt. Man kan definere regler for hvilke objekter som skal henge sammen, både i forhold til senterlinjen, men også i forhold til andre linjer, altså en nøstet avhengighet.

Ganz, fortalte i intervju, at man kan også definere hva slags grunnforhold som er på en strekning. Ved hjelp av regler definert i skriptene, så kan konstruksjonstypen endres automatisk, dersom man har definert disse reglene. Er det ikke-drenerende masser, så kan skriptet endre konstruksjonen til vanntett betong. Han nevner videre at de har erfart at ved å parametrisere geometrien, så har tidsbruken ved å utføre omfattende endringer i geometrien gått fra ca. åtte dager til én dag.

**Tabell 16: Automatiseringsgrad – Endring av geometri og plassering av BIM-objekter**

Grad av automatisering (1-6)					
	Input	Processing	Output	$(I+P+O)/3$	Egnethet
Dagens situasjon	2	1	1	1,33	
Mulig fremtidig gjennomføring	2	5	6	4,33	3

### Dagens situasjon

Input:	Senterlinje fra sporfaget, tverrsnittsgeometri, grunnforhold.
Processing:	Manuell endring av geometri ved sweeps og blends, og plassering av BIM-objekter.
Output:	Veiens / tunnelens / broens / jernbanens geometri.

### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	Senterlinje fra sporfaget, tverrsnittsgeometri, grunnforhold.
Processing:	Live-link mellom visuell programmering og modelleringsprogrammet, BIM-objekter er koblet til senterlinjens geometri, Rhino & Grasshopper eller Dynamo & Revit justerer BIM-objektene posisjon hvis linjen endres.
Output:	Veiens / tunnelens / broens / jernbanens og komponentenes nøyaktige geometri i forhold til senterlinjen. All geometri er parametrisert og avhengig av senterlinjen. Økt nøyaktighet i geometrien.
Egnethet:	Aktiviteten krever høy kompetanse innen VP, på tvers av disipliner og med mange involverte. Derav høy kompleksitet. Aktiviteten har meget høy nytteverdi, da man kan parametrisere de fleste objekter, og tilpasse seg endringer raskt og effektivt. Det at hele BIM-modellen avhenger av senterlinjen, gjør at man kan oppnå en mye høyere detaljeringsgrad tidlig, og slipper å vente til geometrien «låses» før man modellerer inn andre BIM-objekter. Dette kan også føre til sikrere resultater i tidlige kostnadsestimater.

### Aktivitet 13: Mengdeuttak

Mengdeuttak har i lengre tid vært en tidkrevende oppgave. Det må beregnes mengder både for å regne anbud, men også i produksjonsfasen til bestilling av materialer. Avhengig av hvor nøyaktig BIM-modellen er, vil mengdeuttakets grad av pålitelighet variere.

Dagens situasjon for denne aktiviteten er fremstilt som «vanlig praksis» for små prosjekter, eller prosjekter hvor BIM med lav detaljeringsgrad er kontrahert, sett fra entreprenørens synspunkt. Manuelle mengdeuttak med måling på tegning og utregninger i excel-ark er noe som foregår når BIM ikke er kontrahert.

Trøøyen fortalte at Sweco leverer tre detaljeringsnivåer innen BIM, avhengig av hva entreprenøren eller byggherren etterspør. Nivå 1 er en visuell modell hvor de gjør tilpasninger på 2D-tegningene, nivå 2 er en BIM-modell med moderat informasjon og nivå 3 er «full-BIM», hvor all informasjon som kreves for å bygge ligger på objektene.

**Tabell 17: Automatiseringsgrad - Mengdeuttak**

	Grad av automatisering (1-6)				Egnethet
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	
Dagens situasjon	1	1	1	1	
Mulig fremtidig gjennomføring	2	2	3	2,33	3

#### Dagens situasjon

Input:	2D-tegning, DWG, PDF, fysisk papirtegning.
Processing:	Manuell måling på tegning, føre inn i lister, excel el., regne ut volum og areal manuelt eller ved hjelp av excel.
Output:	Mengder sorteres og utarbeider bestillingsplaner.

#### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	3D-modell med middels til høy detaljeringsgrad, IFC, maskinlesbart grunnlag
Processing:	Gjenkjenner objektene i for eksempel Solibri. En vegg blir «IFCWall». Genererer tabeller med mengder ved for eksempel «information takeoff». Velge regler for hva som skal eksporteres; lengder, areal, volum osv.
Output:	Automatiske genererte lister av mengder. Enkel sortering for å utarbeide bestillingsplaner
Egnethet:	Siden oppgaven er presentert for små prosjekter med lav kompleksitet fra entreprenørens synspunkt, vurderes kompleksiteten til lav. På slike prosjekter vil det være mye lettere å lage en manuell bestillingsplan ettersom kompleksiteten er mye lavere. Nyttens vurderes som lav, da tjenestene av en mer detaljert BIM-modell medfører en større prosentandel av kontraktssummen.

## Aktivitet 14: Tegningsfri byggeplass

Tegningsfri utførelse er noe Ganz har troen på i fremtiden. For å komme dit, nevnes det at programvareleverandørene må utvikle løsninger som er tilpasset de som skal bygge det. I første omgang ser han for seg at det er nettbrett som er mest aktuelt, og at visningen må være like god eller bedre enn en arbeidstegning.

Dersom programvareleverandørene løser denne utfordringen, er dette noe som kan gi mange muligheter i fremtiden. Det kan for eksempel integreres med fremdriftsplanen med personrelaterte ressurser knyttet til seg, fremvist i AR-briller. Dette vil gi det utførende laget eller personen muligheten til å se hvilke bygningselementer de skal bygge, hvor de skal bygge det og all nødvendig informasjon knyttet til BIM-objektene.

**Tabell 18: Automatiseringsgrad – Tegningsfri byggeplass**

	Grad av automatisering (1-6)				
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	Egnethet
Dagens situasjon	2	1	1	1,33	
Mulig fremtidig gjennomføring	4	6	6	5,33	3

### Dagens situasjon

Input:	BIM-modell med relevant informasjon om utførelse.
Processing:	Tilpasse og eksportere 2D-visninger med målsetninger, tags og ytterligere informasjon.
Output:	2D-tegninger med informasjon som kreves for å bygge, fremvist i BIM-kiosken eller nettbrettet.

### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	4D-BIM-modell med relevant informasjon om utførelse koblet opp mot fremdriftsplanen. Synkroniseres hver natt mot skytjenesten.
Processing:	Smart skytjeneste konverterer og bearbeider filen og delegerer visninger tilpasset arbeiderne for hva som skal bygges den dagen eller uken man befinner seg i.
Output:	Arbeiderne kan se hva som skal bygges og hvordan elementene skal henge sammen i nettbrett, telefon eller Microsoft Hololens AR-briller.
Egnethet:	Løsningen medfører at de prosjekterende slipper å utarbeide arbeidstegninger, som er svært tidkrevende, samt at man utnytter BIMs potensiale, vurderes nytteverdien til høy. Da aktiviteten berører både programvareleverandører, entreprenør og de prosjekterende, med integrering av ulike løsninger som 4D-BIM, AI og AR, vurderes kompleksiteten også til høy.

### Aktivitet 15: Dokumentasjon av utført arbeid

Dokumentasjon av utført arbeid er noe som har vært gjennom flere runder med automatisering. Tidligere, ble det dokumentert ved å ta fotografier og legge de ved i en rapport manuelt. I samtale med Bakke, fortalte han at det i dag er mye mer utbredt bruk av apper som Dalux, StreamBIM og andre lignende systemer for generering og systematisering av KS-rapporter. Dette er en form for automatisering, selv om det fremdeles er delvis manuelt.

**Tabell 19: Automatiseringsgrad – Dokumentasjon av utført arbeid**

	Grad av automatisering (1-6)				Egnethet
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	
Dagens situasjon	2	1	3	2	
Mulig fremtidig gjennomføring	5	5	5	5	3

#### Dagens situasjon

Input:	Dalux, StreamBIM el.
Processing:	Ta bilder med nettbrett og legg inn på riktig KS-oppgave. Skriv forklarende tekst som hvilket tegningsunderlag som er benyttet, dato osv.
Output:	Generer rapport, huk av oppgaven som utført.

#### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	3D-scannere, droner osv.
Processing:	Sammenstiller 3D-data i punktsky med BIM-modellen, AI sammenligner «as-built» data med BIM-modellen med gitte toleransekrav.
Output:	Generert rapport som inneholder fargeindikasjon på hva som er bygget, ikke bygget og avvik fra toleransekravene.
Egnethet:	For den utførende kontrolløren, mener forfatterne at det å ta i bruk ny programvare ikke krever så mye av den enkelte. Foreløpig jobbes det med å utvikle algoritmer som sammenligner BIM-modellen med den genererte punktskyen. Dersom dette skal utvikles internt i firmaet, vurderes kompleksiteten til høy. En løsning med scannere vil ikke kunne dokumentere alle KS-oppgaver. Oppgaver som krever fysisk tilstedeværelse slik som fuktmålinger, trykktesting av sprinkleranlegg, trykktesting av bygget osv. vil ikke kunne bli fanget opp av en 3D-scanner, slik som forfatterne ser det. Likevel kan en god del byggefeil oppdages før det er for sent, og nytten vurderes derfor til høy.

### Aktivitet 16: Visualisering av status ved hjelp av MMI

God kontroll på parametere i BIM-modellen kan hjelpe til å skape kontroll i et hav av virtuelle komponenter. En av verktøyene som kan benyttes for å skape en visuell oversikt, og kommunisere dette til de andre prosjektdeltakerne er Model Modenhets Indeks (MMI) (Fløisbonn, et al., 2018). Ved hjelp av regelstyrte filtre i BIM-modellen, kan man legge på farger knyttet til BIM-objektets parameter, og på den måte få en modell med fargelagte komponenter, som beskriver hvor langt i prosessen man er kommet. MMI kan også benyttes for å kommunisere fremdrift ovenfor kunden, og virker å være et lovende rammeverk, som kan benyttes i store og små prosjekter.

I samtale med Grifasi, ble prosessen med å tilegne BIM-objekter MMI-parametere beskrevet som ekstremt tidkrevende og repeterende, når man må gjøre det på hvert enkelt objekt. Dette er også en av aktivitetene hvor forfatterne så på mulighetene for å automatisere under aksjonsforskningen.

**Tabell 20: Automatiseringsgrad – Visualisering av status ved hjelp av MMI**

	Grad av automatisering (1-6)				Egnethet
	Input	Processing	Output	(I+P+O)/3	
Dagens situasjon	2	1	6	3	
Mulig fremtidig gjennomføring	5	3	6	4,66	5

#### Dagens situasjon

Input:	BIM-modellen, og BIM-objektene er modellert inn.
Processing:	Velge objektet i BIM-modellen, oppdater MMI-status for objektet. Repeter per objekt. Opprett regelstyrte filtre og lag visninger.
Output:	MMI-status med fargeindikasjoner.

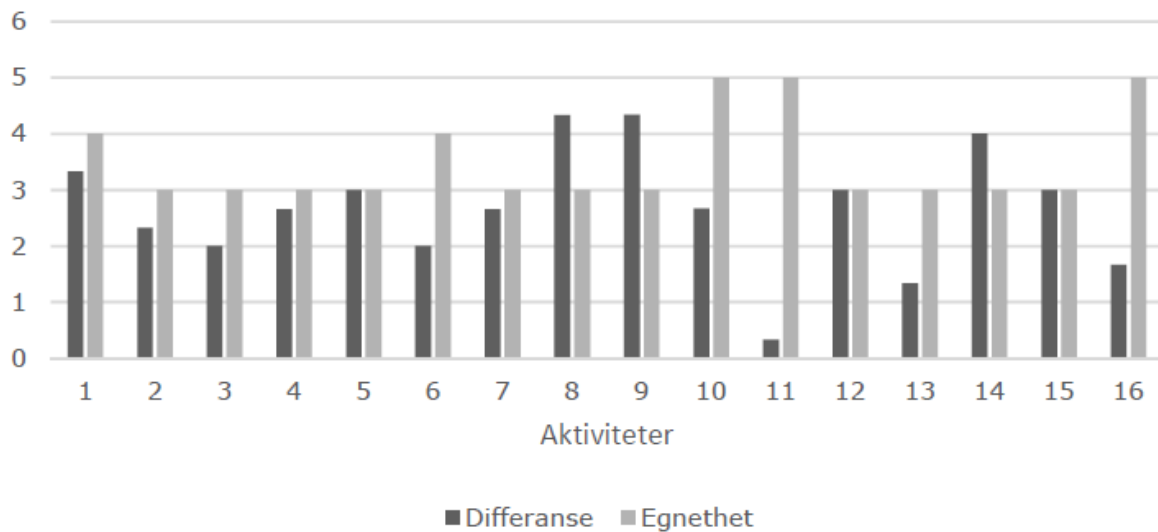
#### Mulig fremtidig gjennomføring

Input:	Definer en geografisk begrensning i BIM-modellen. Her kan for eksempel mulig fremtidig gjennomføring for aktivitet 3 benyttes til å opprette og avgrense sonene.
Processing:	Velg sonen i BIM-modellen, oppdater MMI-status for alle objekter knyttet til sonen. Repeter per sone med standardiserte regelstyrte filtre i BIM-modellen og prosjekttilpassede visninger.
Output:	MMI-status med fargeindikasjoner
Egnethet:	Uten å hensynta at skriptet i aktivitet 3 krever en viss forståelse for visuell programmering, kan man enkelt påføre MMI-parametere til flere objekter samtidig. Dette kan gjøres ved å velge alle objektene i den avgrensede visningen og skrive inn parameteren manuelt, derav lav kompleksitet. Ettersom dette er noe som påvirker den tverrfaglige kommunikasjonen i stor grad, vurderes nytteverdien til høy.

## 4.4 Oppsummering av resultatenes automatiseringsgrad

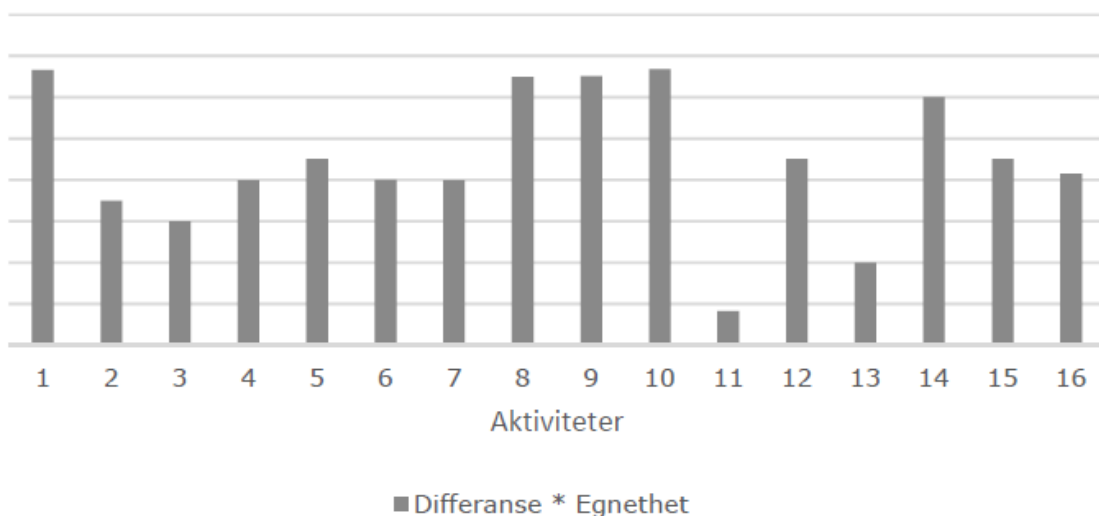
Differansen og egnetheten til de forskjellige aktivitetene er illustrert i figur 8. Se vedlegg B og vedlegg C for aktivitetenes tallverdier.

- |   |   |
|---|---|
| 1. Eierskap til BIM-objekter                          | 9. Overføring av modeller mellom ingeniører           |
| 2. Deteksjon av utelatte BIM-objekter                 | 10. Produksjon av arbeidstegninger i BIM              |
| 3. Utarbeiding av kontrollvisninger                   | 11. Varierende geometri i BIM-modeller                |
| 4. Modellering av 3D-armering                         | 12. Endring av geometri og plassering av BIM-objekter |
| 5. Samsvarskontroll mellom FEM og BIM                 | 13. Mengdeuttak                                       |
| 6. Produksjon og gjenbruk av detaljtegninger          | 14. Tegningsfri byggeplass                            |
| 7. Kollisjonskontroll som genererer løsning           | 15. Dokumentasjon av utført arbeid                    |
| 8. Eksport av BIM-modell til standardiserte IFC-filer | 16. Visualisering av status ved hjelp av MMI          |



**Figur 8: Aktivitetenes differanse og egnethet**

Aktivitetenes differanse i automatiseringsgrad er multiplisert med egnethet. Skalaen er ment for å illustrere de relative forskjellene i aktivitetene, og ikke de absolutte. Se figur 9.



**Figur 9: Aktivitetenes relative poengsum**

## 5 Diskusjon

Metodikken som ble benyttet i denne oppgaven er noe utradisjonell, hvor det finnes flere forskningsmiljøer som er kritisk til aksjonsforskning som forskningsmetode, da forskningsmetoden bærer stort preg av subjektivitet (Levin, 2017). Dette er noe som er vanskelig å komme unna, ettersom dokumentasjonen i aksjonsforskningen er basert på forfatterens oppfatning av oppholdet.

Ved å ha feltundersøkelser og stor grad av tilstedeværelse rundt forskningsområdet førte dette til en god forståelse av tilværelsen til de prosjekterende og økte kunnskapen rundt deres arbeidsprosesser. Forfatterne hadde muligheten til å få oppklaringer om uvissheter relativt raskt ettersom forskningsobjektene og forfatterne befant seg på samme avdeling. Ved bruk av tradisjonell forskning, hvor datainnsamlingen ville basert seg mer på intervjuer og litteratur ville dette vært mer distansert. Forfatterne ville muligens ikke hatt like god kjennskap til prosessene og det ville da vært vanskeligere å finne oppgaver som skulle automatiseres og foreslå tiltak til endringer.

Ved bruk av aksjonsforskning kobles både praktisk nytte og forskning i samme prosess. Dette kan ha vært en vesentlig faktor for at selskapet som ble samarbeidet med kunne forsvare tidsbruk til intervjuer og samtaler. Aksjonsforskning baserer seg på å drive en endring. Ved å gjøre dette i et selskap kan de dra nytte av dette gjennom forskningsforløpet og i etterkant.

Hovedvekten av oppgavens teorigrunnlag har basert seg på kvalitative data. Dersom studiet hadde vært mer litteraturbasert, tror forfatterne at mange av funnene hadde blitt utelatt. Likevel tror forfatterne balansen i metodikk har gagnet oppgaven. Utforsket litteratur på mange ulike teknologiske temaer har gitt forfatterne tilstrekkelig kunnskap til eksisterende og konseptuelle rammeverk knyttet til BIM og automatisering.

Forfatterne tror at varigheten på oppholdet i konsulentselskapet kan ha påvirket noen av funnene. Ytringer som lederen for digital utviklings relative makt kunne muligens blitt avklart ved et lengre opphold. Det er også usikkerhet i hvilke oppgaver sistnevnte person velger å automatisere. Er det de oppgavene de opplever blir etterspurt mest? Eller gjøres det omfattende utredninger for å finne ut hva som gagnar firmaet i et lengre perspektiv? Dette er spørsmål som til stadighet dukker opp, som forfatterne ikke helt klarer å svare på.

Da forfatterne gikk inn i selskapet som endringsagenter hadde de verken tilstrekkelig makt eller kompetanse til å stimulere, fasilitere og koordinere en endringsprosess, slik Lunenburg (2010) beskriver en endringsagent. Dette var noe som kom gradvis, og det ble gitt mer tillit med tiden. Likevel, og forståelig nok, hadde ikke forfatterne makt til å gjøre vesentlige endringer på egenhånd. Forfatterne følte ikke stor motstand på mindre endringer, som blant annet skriptet som ble utviklet. Hvis det var større endringer som omfattet å endre på store deler av prosessene til de ansatte var det mer motstand, som viser seg relativt likt slik Lines, et al. (2002) beskriver. Han beskriver også at endringsagenter minsker motstand med å ha en høy involvering. Dette steget fikk aldri forfatterne kommet til før aksjonsforskningen tok slutt.



Det kunne virke som om selskapet der forfatterne var til stede ikke hadde en klar endringsagent, hvor det ble lagt stort fokus på å imøtekomme endringer. Under workshopen som ble holdt, var det tydelig at det var flere relativt anerkjente prosesser som selskapet hadde liten kjennskap til fra tidligere. Muligens kan selskapet øke fokus på endringer og muligheter i bransjen ved å ansette eller endre rollen til enkelte personer. Slik Smith forteller er det viktig at man har noen som har fokus på digital transformasjon hele tiden, og ikke bare iblant. Slik forfatterne oppfattet det virket det ikke som selskapet hadde dette. Personen som ledet den digitale utviklingen hadde som hovedoppgave å være BIM-koordinator og forfatterne lurer på om det ville vært mer fordelaktig om det kunne vært noen som hadde hatt mer fokus på den digitale transformasjonen.

Slik de forskjellige intervjuobjektene sin organisering av selskapene er bygget opp, er det som regel en avdeling innen teknologi og utvikling. Slik forfatterne opplevde organisasjonen i selskapet var det ingen avdeling som hadde dette fokuset. Det kan virke som selskapet har en digital strategi hvor de ønsker å gjøre enkelte oppgaver mer brukervennlig, hvor det brukes API for å utvikle tilleggsprogrammer og IFC-eksport, men ut over dette kunne ikke forfatterne se at det var noe særlig mer utvikling av selskapet mot digital transformasjon. Muligens kan det tenkes at selskapet som forfatterne samarbeidet med kunne dannet en avdeling med en CDO i spissen, slik Multiconsult er etablert. De kan da få en sterkere sentral styring av utvalgte satsningsområder, hvor de kan utnytte ressursene og kompetansen på tvers av selskapet slik Smith forklarer sin rolle.

Workshopen virket også som en fin arena for å fremme endringer, ettersom man har mulighet til å diskutere med de enkelte personene endringen vil påvirke. Under workshopen, ble de ansatte i selskapet mer overbevist over de nye prosessene som ble fremmet. Ved å ha en endringsagent i selskapet kan dette være en mulighet å drøfte nye endringer med sine medansatte.

I løpet av intervjuene har de aller fleste vært positive til bruken av parametrisk design, og de mulighetene det åpner for. Det er stor enighet rundt nytteverdien av parametrisk design mot samferdselsprosjekter. En stor del av nytteverdien bunner ut i at skriptene gjenbrukes gjennom prosjektets faser, og oppdateres automatisk ved innlasting av ny referanselinje, eller oppdatering av andre parametere.

Det at veier, broer, tunneler og jernbaner følger en linje fra A til B, gjør det enklere å beskrive repeterende elementer matematisk enn i en bygning. I tillegg, følger veier gitte regler ut fra bruksområde og har krav til for eksempel veibredde, kurvatur, stigning, fartsgrenser og så videre (Statens vegvesen, 2019). Likevel, nevnes parametrisk design som en lovende kandidat for automatisering av enkeltoppgaver i prosjektering av bygninger. Dette kan være parametriske fasader, dimensjonering av fagverk, løsningsgenereringer, og andre separerte prosjekteringsjobber.

Modeller som er beskrevet med parametere, kan ha en høyere detaljeringsgrad tidlig, og kan med det få ønskede effekter som høyere sikkerhet i kostnadsestimatene, lavere risiko, og færre prosjekteringsfeil. Endringer kan gjennomføres på flere titalls komponenter samtidig, ved en eventuell kollisjon, og gir større fleksibilitet i prosjekteringen.

Tidsbesparelsene i prosjekteringsfasen kan være enorme. Vasshaug forteller at det tar mye kortere tid å prosjektere en bru nå, enn hva det gjorde for tre år siden. Det samme gjelder Ganz sin ytring om at omprosjektering, nå med de parametriske modellene, tar mye

kortere tid enn ved «tradisjonell» prosjektering. Høy grad av gjenbrukbarhet og matematiske beskrivelser av geometrien er nok skyld i dette.

Gjenbruk av skript er nevnt av Smith som kompetanseavhengig. De personene som utvikler skript tar det gjerne med seg videre fra prosjekt til prosjekt, og tilpasser etter behov. For en person med lav kompetanse innen visuell programmering, kan det være vanskelig å anvende skript laget av andre. Likevel har de flere eksempler på at det har fungert bra. Ahmad er av en annen oppfatning, og nevner at gjenbruk av skript laget av andre er svært komplisert, da hver person har sin egen måte å programmere på.

Når det er sagt, er det viktig at prosjektdeltakerne har tilstrekkelig kunnskap innen visuell og tekstuell programmering. Flere av intervjuobjektene tror bruken av visuell programmering kommer til å øke de kommende årene, noe forfatterne stiller seg bak. En viktig forutsetning for dette er hvor tilgjengelig det har blitt. Aktive forum på internett, utallige instruksjonsvideoer og det at det er gratis er noe som gjør det attraktivt for mange.

Det nevnes likevel at det ikke er ønskelig å prakke parametrisk design på noen som ikke har tilstrekkelig kompetanse eller forutsetning for å drive med det. Det kan hende at flere store rådgivningsfirmaer i Norge i dag faktisk innehar kompetansen til å gjennomføre parametriserte prosjekter, uten at de er klar over det. Ganz nevnte at de gjennomførte en utredning, hvor de fant ut at de faktisk hadde intern kompetanse til å lage spill ut av BIM-modellen for å teste ut de prosjekterte løsningene. Dette virker å være en god måte å kartlegge kompetanse og interesse på tvers av firmaets avdelinger. Kanskje sitter det noen med et skjult talent?

Ressursene som kreves for å utvikle automatiserte løsninger for parametrisk design vil ikke alltid svare for seg. Olsen nevner at det er skjæringspunkt på hvor mye ressurser man skal bruke på utvikling, mot hvor mye tid man ville brukt på å gjøre det manuelt. For å oppnå høy nytteverdi, er de derfor avhengig av større grad av gjenbruk. Ahmad nevner også gjenbruk som en viktig faktor for nytteverdi, og det er nettopp dette de holder på med nå, nemlig systematisering og tilgjengeliggjøring av skript.

I tillegg, er forfatterens oppfatning at det er et skjæringspunkt mellom kompetansen til å utvikle egne løsninger mot hvor mye det koster å kjøpe eksisterende tilleggsprogrammer til for eksempel Autodesk Revit. Ganz nevner at det finnes mange tilleggsprogrammer som løser eksisterende arbeidsprosesser, men de er svært dyre. Muligens kan det vurderes i de enkelte tilfellene om det vil være mer hensiktsmessig å utvikle programvarer selv, som utfører akkurat den operasjonen man ønsker. Alternativet vil være å kjøpe eller leie inn et flertall av programvarer for å dekke dette behovet.

Med innføringen av Revit 2021 ser det ut som om Autodesk forsøker å legge mer til rette for at flere skal anvende generative design. Likevel har de ikke gjort store endringer, bortsett fra å legge Project Refinery inn som et tilleggsprogram, med noen få Dynamo skript som kan anvende dette til noen predefinerte arbeidsprosesser. Det kan virke som programvareutviklerne sitter med mye makt for hvordan bransjen jobber. Legger de mer til rette for bransjen, vil de muligens følge etter.

Ganz forteller at programvareutviklerne ikke har gjort en god nok innsats for å få til tegningsfrie byggeplasser. I tillegg, forteller Vasshaug at det er mange flere som har begynt å programmere og det vil komme veldig mange nye verktøy fremover. Kanskje dette kan bidra til å legge press på de store programvareutviklerne for å bedre mange av tjenestene de tilbyr og utvikle nye robuste moduler.

Ved endringen av forretningsmodell er det flere som nevner at de må finne en alternativ måte å ta betalt for det de skaper. Det er ikke lenger så svart og hvitt at man skriver timer eller utfører et kostnadsestimat for prosjekteringen. Med økt bruk av parametrisk design som modelleringsmetode, må man ifølge intervjuobjektene ta betalt for verdien av hva man skaper. Eksempelet som Ganz presenterte med Statsbyggs krav om BIM i prosjektene, kan også skje i fremtiden i en annen form. Bedrifter som ikke er proaktive og utvikler forretningsmodellen vil på sikt kunne miste sin posisjon i markedet.

Rammeverket som er utviklet av Rashasingham & Hjelseth (2020) har som hensikt i denne oppgaven å identifisere automatiseringsgraden til enkelte aktiviteter. I denne oppgaven har rammeverket fått en ny dimensjon i form av egnethet. Forfatterne så for seg at det var nødvendig å utvide rammeverket slik at det dekket også nytteverdien og kompleksiteten ved innføringen av den fremtidige løsningen, da rammeverket til Rashasingham & Hjelseth (2020) kun tok for seg hvor mye en aktivitet er automatisert. Forfatterne ser for seg at hvis noen ønsker å automatisere en prosess eller en aktivitet er det også viktig å kunne få en idé om hvor egnet denne er.

Nivåskalaen for automatiseringsgraden til de forskjellige aktivitetene, består av tre forskjellige kriterier. Det baserer seg på om aktiviteten endres, aktiveres eller sjekkes manuelt eller automatisk. Grunnlaget for om en aktivitet er automatisert kan ha flere eller færre kriterier enn disse tre. Det er blant annet ikke alle aktiviteter eller deler av aktivitetene som har en sjekk, som et kriterium. Dette gjelder for enkelte av aktivitetene som er presentert i kapittel 4.3 når de blir delt inn i input, processing og output. Med dette vil ikke alle delene i aktivitetene falle naturlig inn i en av de seks nivåene.

For aktivitet 11: Varierende geometri i BIM-modellen var det liten forskjell i automatiseringsgrad, men egnetheten var stor for denne aktiviteten. I oppsummeringen kan man se at denne aktiviteten ligger svært lavt selv med en stor egnethet. Muligens er rammeverket for mye rettet mot aktivitetens automatiseringsgrad i forhold til hvor egnet den er. Når den nye løsningen tar kun 25% av tiden av hva den forrige løsningen var, viser dette at det er stor nytte og det er svært lite kompleksitet i forbedringen. Noe av hensikten med denne oppgaven var å identifisere aktiviteter og prosesser som er relevante å automatisere. For at det skal være relevant burde kanskje fokuset vært dreid mer mot hvilken nytteverdi løsningen gir og hvor kompleks løsningen er.

Nytteverdien i denne oppgaven har tatt utgangspunkt i om aktivitetene er tidkrevende, manuelle og ressurskrevende. For enkelte aktiviteter kan det være andre kriterier som veier mer. For en entreprenør vil for eksempel HMS være et viktig argument for å automatisere enkelte aktiviteter. Ahmad forteller at han tror det vil være et mye større fokus på bærekraft fremover. Det kan i enkelte tilfeller også være et argument for eller mot å automatisere. Alle aktivitetene vil ikke falle under disse kriteriene, men det er klart at det er mange flere argumenter for å automatisere enn hva oppgaven har tatt for seg.

Forfatterne har blitt i mye større grad kjent med muligheter for å automatisere prosesser og aktiviteter, men det mangler fortsatt mye kunnskap rundt kompleksiteten og nytten ved alle aktivitetene. Figur 7 tar kun for seg 3 nivåer for disse kriteriene. Det kan tenkes at den burde vært utvidet slik at man kunne hatt flere nivåer for kompleksitet og nytteverdi, da det er lite detaljert i dagens modell.

Generelt for oppgaven er det definert mange muligheter med automatisering. Gjenbruk av informasjon og skript, reduserte kostnader, økt kvalitet og presisjon i prosjekteringsmaterialet er noen av disse. Det er likevel noen barrierer man må overkomme for å møte denne innovasjonen. Forsvarlige investeringskostnader, endringsmotstand og lav teknologisk kompetanse blant de øvrige ansatte er trolig de mest pressende. Det kan tilrettelegges ved å samarbeide i utviklingen, involvere brukerne, identifisere behovet for endringen og øke kommunikasjonen til de som blir påvirket. Kommunikasjon og åpenhet kan virke som en motivator for de som motsetter seg endringen, og kan ifølge Kotter & Schlesinger (1979) forlenge implementeringsprosessen. Ny teknologi kan tilrettelegges for forbedrede arbeidsprosesser, hvor det i denne oppgaven er identifisert eksempler som blant annet AR, VR, 4D-BIM, generative design, parametrisk design etc. Videre, vil press fra ytre krefter muligens tvinge frem innovasjon hos de enkelte bedriftene. Endrede regelverk, press fra kunder og behovet for å holde firmaet konkurransedyktig vil være sterke endringsdrivere.

## 6 Konklusjon

Opgavens formål er å øke bevisstheten rundt automatisering ved å besvare forsknings-spørsmålene. Etter vår vurdering vil både metodebruk og resultater fra denne studien være et bidrag til næring og forskning. Studien viser at det er lav bevissthet rundt mulighetene med automatiserte prosesser, men bevisstheten øker betraktelig når disse blir identifisert og konkretisert. I de kommende avsnittene er det identifisert og konkretisert hvordan man kan øke graden av automatisering til aktiviteter i byggenæringen. I tillegg, er relevansen for aktivitetene undersøkt, hjelpemidler for automatisering identifisert og tiltak foreslått.

### **«Hvordan få økt automatisering av aktiviteter og prosesser i byggenæringen?»**

For det første, må bevisstheten rundt prosessers manuelle natur økes, stegene i prosessen identifiseres og brytes ned i overkommelige arbeidspakker, slik at prosessen stegvis kan automatiseres. For det andre, må barrierer som endringsmotstand og lav teknologisk kompetanse overvinnes ved å informere interessentene om mulighetene, være transparente i prosessens implementering og utvikling, samt heve kompetansenivået til de som ønsker å forbedre seg. Videre, må digitaliseringsinitiativer iverksettes for å imøtekomme det økende behovet for automatisering. Klare, definerte hierarkier med brukerinvolverende tiltak, klare ansvarsforhold, definerte endringsagenter og stegvise forbedringer, virker å være felles for de selskapene som oppnår suksess. Til slutt, må firmaer være ærlige med seg selv, og vurdere om de ønsker å være spydspissen innen digital transformasjon eller tilpasse seg ved å følge etter de ledende firmaene. Selskapene må være bevisst på at de kan risikere å tape sin posisjon i markedet, dersom de ikke satser på kontinuerlig forbedringer og effektivisering av prosesser.

**«Hvilke oppgaver er relevant å automatisere?»** Det er ikke alltid at aktiviteter som er manuelle, tidkrevende eller repetitive vil være de mest relevante å automatisere. På lik linje kan det være et ønske om å levere identisk kvalitet på det utførte arbeidet på tvers av avdelinger, som følge av standardisering av arbeidsprosesser. I tillegg, kan prosesser som reduserer risikoen for prosjekteringsfeil, byggefeil, skader på materiell, personell eller lignende, være like aktuelle å automatisere. Avslutningsvis, vil de aktivitetene som er relevante å automatisere styres ut fra firmaets evne og kompetanse til å gjennomføre transformasjoner med varierende grad av nytteverdi og kompleksitet.

**«Hvilke hjelpemidler finnes for å automatisere arbeidsoppgaver?»** Ved hjelp av visuell eller tekstuell programmering kan hele eller deler av arbeidsoppgaver automatiseres. Visuell programmering har en mye lavere inngangsterskel, og er dermed mer aktuell for de fleste. Avhengig av hva man ønsker å automatisere, må oppgaven brytes ned i deloppgaver, som kan uttrykkes som en logisk sekvens. Dessuten finnes det utallige programvarer som allerede automatiserer eksisterende arbeidsprosesser, men de fleste krever en investering. Eksisterende rammeverk, slik som APM, bør benyttes til å bryte ned aktivitetene slik at alternative løsninger kan defineres. Den eksisterende og den fremtidige verdien er enklere å identifisere og vurdere ved bruk av slike rammeverk.

**«Hvordan kan dette tas i bruk i en konkret løsning?»** Ved å identifisere og kartlegge flere aktiviteter, kan de måles opp mot hverandre etter den alternative løsningens relative forbedring. Måling av nytteverdi og implementeringskompleksitet på flere aktiviteter simultant, gir brukeren av rammeverket muligheten til å prioritere de aktivitetene som er mest modne for endring.

## **Til ettertanke**

---

Ifølge SSB, var det i 2017 en omsetning på 558,4 milliarder kroner fordelt på 57 964 norske foretak i BAE-næringen (Statistisk sentralbyrå, 2019). Etter vår oppfatning kan rammeverk som beskrevet i oppgaven hjelpe bedrifter med å identifisere og iverksette automatiseringsprosesser. En tenkt, men ikke urealistisk økning på 2-5%, kan med slike rammeverk heve omsetningen med mellom 11,1 og 27,9 milliarder kroner. Potensialet er dermed stort for en av Norges største bransjer. At behovet for automatiserte prosesser vil øke når det ingen tvil om, men hva fremtiden vil bringe av nye løsninger og utfordringer er fremdeles usikker.

## 7 Videre forskning

Det er veldig mange temaer som har blitt tatt opp i denne oppgaven og flere av disse er egnet for videre forskning. Under dybdeintervjuene fremmet mange av intervjuobjektene interessante påstander som kan undersøkes nærmere.

Det er flere av intervjuobjektene som har snakket om gjenbruk av informasjon og data. Det har kommet frem i flere forskjellige settinger, der noen foreslår bruksområder som knutepunktsgenerering ved hjelp av maskinlæring. Andre har snakket om hvordan man kan bruke dette til å forutse fremtidige situasjoner med bruk av IoT. Noe de fleste var enige om når det gjelder forvaltning av data er at det burde benyttes i større grad enn det gjør i dag. Noe som kan ses på videre er: hvordan kan informasjonen man allerede sitter med utnyttes for en bedre prosjektgjennomføring?

Enkelte av intervjuobjektene viser til at fremtiden, med mer automatiserte løsninger vil føre til at mye av arbeidet som utføres vil ta vesentlig kortere tid. Det vil da være nødvendig å fornye forretningsmodellen slik at man ikke lenger tar kun betalt for timene man har utført en operasjon, men heller verdien dette har skapt. Selskapene vil påta seg risiko ved å stå ansvarlig for de prosjekterte løsningene. Det kan da være interessant å stille spørsmålet: Hvordan tilpasse en ny forretningsmodell som ivaretar verdien av de prosjekterte løsningene, med en større grad av automatisering gjennom prosjektforløpet?

Rammeverket som har blitt benyttet i denne oppgaven har i enkelte tilfeller ikke klart å identifisere hvor god en oppgave er å automatisere. For en av oppgavene var det store tidsbesparelser og liten kompleksitet, men fikk en svært dårlig relativ poengsum da egnethet ble multiplisert med grad av automatisering. Det kan ses videre på om Figur 7 kan utvides til å få enda en dimensjon som for eksempel gjenbrukbarhet eller repetisjon, samt det å få rammeverket til å være tilpasset alle typer oppgaver man ønsker å automatisere.

I denne oppgaven har det kommet frem mange meninger og uttalelser rundt parametrisk design. Det har blitt diskutert hvorfor bygninger ikke klarer å «full-parametrisere» slik som samferdselsprosjekter. Enkelte forteller at problemet ligger i at det ikke er standardisert nok, hvor man må evaluere hvilke frihetsgrader man ønsker å ha og hvilke enkeltdele som skal være låst. Det ville vært interessant om det hadde vært forsket videre på dette og funnet ut om det er mulig for bygninger å full-parametriseres.

Flere av intervjuobjektene er ikke tilfredsstillt med hvordan visningen av BIM-modellen er på byggeplassen. De klarer ikke å visualisere like godt informasjonen som ligger i modellen som man kan gjøre på en tegning. Intervjuobjektene forteller at programvareutviklerne allerede er klar over dette, men de ikke har lagt nok ressurser i å få en bedre visning. Det kan derfor tenkes at det kan forskes videre på hvordan man skal klare å visualisere BIM-modellen for fagarbeideren på en tydeligere måte.

## 8 Bibliografi

- Bughin, J., LaBerge, L. & Mellbye, A., 2017. *The case for digital reinvention*, s.l.: McKinsey Quarterly.
- Burnes, B., 1996. No such thing as ... a "one best way" to manage organizational change. *Management Decision*, Issue 10, pp. 11-18.
- Consigli AS, 2012. *BSN Proses 3 - Bruk av BIM til kollisjonskontroll*, s.l.: BuildingSmart.
- Dibk, 2017. *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. [Internett]  
Available at: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/11/iv/11-12/>  
[Funnet 26 Mai 2020].
- Engeseth, P., 2018. *Byggebransjen - en sinke på digitalisering og effektivitet*. [Internett]  
Available at: <https://www.byggfakta.no/byggebransjen-en-sinke-pa-digitalisering-og-effektivitet-126912/nyhet.html>  
[Funnet 20 Nov 2019].
- Fløisbonn, H. W. et al., 2018. *MMI - Modell Modenhets Indeks*, Oslo: Entreprenørforeningen - Bygg og Anlegg.
- Hailey, V. H. & Balogun, J., 2002. Devising Context Sensitive Approaches To Change: The Example of Glaxo Wellcome. *Long Range Planning*, pp. 153-178.
- Hayes, J., 2018. *The Theory and Practice of Change Management*. London: Palgrave.
- Judson, A., 1966. *A managers guide to making changes*. London: John Wiley & Sons.
- Kim, S.-H. & Jang, K.-J., 2002. Designing performance analysis and IDEF0 for enterprise modelling in BPR. *International journal of production economics*, 21 Mars, pp. 121-133.
- Kitchenham, B. A., 2004. *Procedures for Performing Systematic Reviews*, Keele: Keele University.
- Kotter, J. P. & Schlesinger, L. A., 1979. Choosing Strategies for Change. *Harvard Business Review*.
- Langlo, J. A. et al., 2013. *Måling av produktivitet og prestasjoner i byggenæringen*, Trondheim: SINTEF Teknologi og samfunn.
- Levin, M., 2017. Aksjonsforskning som forskning – epistemologiske og metodiske utfordringer. I: *Aksjonsforskning i Norge: Teoretisk og empirisk mangfold*. s.l.: Cappelen Damm Akademisk, pp. 27-44.
- Lines, B. C., Sullivan, K. T., Smithwick, J. B. & Mischung, J., 2015. Overcoming resistance to change in engineering and construction: Change management factors for owner organizations. *International Journal of Project Management*, 27 Januar, pp. 1170-1179.
- Lunenburg, F. C., 2010. Managing Change: The Role of the Change Agent. *International journal of management, business and administration*.



Morgan Stanley, 2017. *Morganstanley.com*. [Internett]  
Available at: <https://www.morganstanley.com/ideas/process-automation>  
[Funnet 28 Mai 2020].

Nadler, D. A. & Tushman, M. L., 1995. From Incremental improvement to discontinuous transformation. I: *Discontinuous Change: Leading Organizational Transformation*. s.l.:s.n.

Rashasingham, K. & Hjelseth, E., 2020. Exploring the degree of automated process metrics in construction management. *Vitenskapelig konferanse*, September.

Robson, C., 2011. *Real World Research*. 3 red. Chichester: John Wiley & Sons Ltd..

Statens vegvesen, 2019. *Veg- og gateutforming. Håndbok N100*. [Internett]  
Available at:  
[https://www.vegvesen.no/attachment/61414/binary/1355470?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N100+Veg-+og+gateutforming+%28+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/61414/binary/1355470?fast_title=H%C3%A5ndbok+N100+Veg-+og+gateutforming+%28+MB%29.pdf)  
[Funnet 15 Juni 2020].

Statistisk sentralbyrå, 2019. *ssb*. [Internett]  
Available at: <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/stbygganl>  
[Funnet 25 Juni 2020].

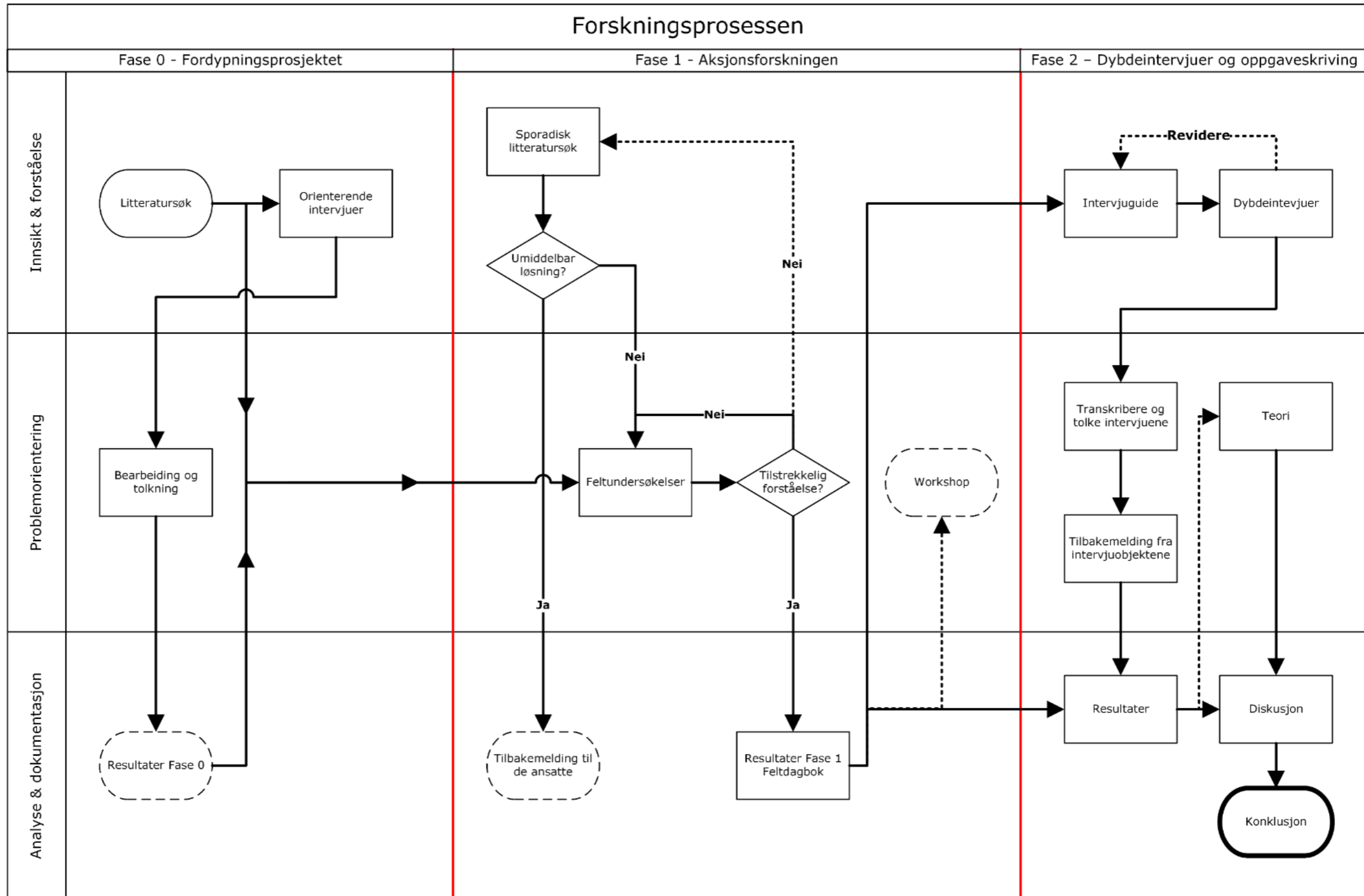
Statsbygg, 2017. *PA 0802 Tverrfaglig merkesystem (TFM)*, s.l.: s.n.

Stringer, E. T., 2013. *Action Research*. 4 red. s.l.:Sage.

Waddell, D. & Sohal, A. S., 1998. Resistance: A constructive tool for change management. *Management decision*, pp. 543-548.

# Vedlegg

## Vedlegg A



# Vedlegg B

Aktivitet	Dagens situasjon	Fremtidig gjennomføring	Differanse
1. Eierskap til BIM-objekter	1	4,33	3,33
2. Deteksjon av utelatte BIM-komponenter	1	3,33	2,33
3. Utarbeiding av kontrollvisninger	1	3	2
4. Modellering av 3D-armering	1	3,66	2,66
5. Samsvarskontroll mellom FEM og BIM	1,33	4,33	3
6. Produksjon og gjenbruk av detaljtegninger	1	3	2
7. Kollisjonskontroll som genererer løsning	2	4,66	2,66
8. Eksport av BIM-modell til standardiserte IFC-filer	1,33	5,66	4,33
9. Overføring av BIM-modeller mellom konsulentene	1,66	6	4,33
10. Produksjon av arbeidstegninger i BIM	1,33	4	2,66
11. Varierende geometri i BIM-modeller	1	1,33	0,33
12. Endring av geometri og plassering av BIM-objekter	1,33	4,33	3
13. Mengdeuttak	1	2,33	1,33
14. Tegningsfri byggeplass	1,33	5,33	4
15. Dokumentasjon av utført arbeid	2	5	3
16. Visualisering av status ved hjelp av MMI	3	4,66	1,66

# Vedlegg C

Aktivitet	Differanse (D)	Egnethet (E)	Total poengsum (D) * (E)
1. Eierskap til BIM-objekter	3,33	4	13,33
2. Deteksjon av utelatte BIM-objekter	2,33	3	7
3. Utarbeiding av kontrollvisninger	2	3	6
4. Modellering av 3D-armering	2,66	3	8
5. Samsvarskontroll mellom FEM og BIM	3	3	9
6. Produksjon og gjenbruk av detaljtegninger	2	4	8
7. Kollisjonskontroll som genererer løsning	2,66	3	8
8. Eksport av BIM-modell til standardiserte IFC-filer	4,33	3	13
9. Overføring av BIM-modeller mellom konsulentene	4,33	3	13
10. Produksjon av arbeidstegninger i BIM	2,66	5	13,33
11. Varierende geometri i BIM-modeller	0,33	5	1,66
12. Endring av geometri og plassering av BIM-objekter	3	3	9
13. Mengdeuttak	1,33	3	4
14. Tegningsfri byggeplass	4	3	12
15. Dokumentasjon av utført arbeid	3	3	9
16. Visualisering av status ved hjelp av MMI	1,66	5	8,33

# Vedlegg D

## Intervjuguide – Orienterende intervjuer

### Introspørsmål:

1. Hva er din bakgrunn og arbeidserfaring?
  - a. Er det noen prosjekter hvor det har vært stort fokus på BIM som du er stolt av?
    - Var det noe spesielt eller innovativt med dette prosjektet?
  - b. Hvis annen kultur, spør om hvordan det var der de kom fra.
2. Hva er arbeidsoppgavene dine?
  - a. Kjenner du noen tidligere arbeidsoppgaver som har blitt digitalisert?
    - I hvilken grad? Hvordan opplevde du den nye arbeidsmetodikken?
  - b. Kjenner du noen arbeidsoppgaver som har blitt tatt over av andre fag?

### Digitalisering og bakgrunn

3. Hvilke arbeidsoppgaver bruker du digitale verktøy på?
  - a. Ca. hvor mye tid bruker du i uken på dette?
4. Hvor mye bruker dere håndberegninger/skisser i stedet for digitale verktøy?
  - a. Hva er grunnen til dette? (Raskere? Mer presist? Bekymret for programvaren?)
  - b. Hva skal til for at du skal velge programvare i stedet for håndberegninger? (Brukervennlighet, standardisering)
5. Kan du komme med noen eksempler hvor du får brukt dine faglige kunnskaper gjennom digitale verktøy?
  - a. Hvilke hindringer gir programvarer og økningen av bruken av disse?

### Nødvendighet

6. Hvilke oppgaver gjøres det mye feil på/mange revisjoner?
7. Hvilke oppgaver bruker du mye tid på?
8. Hvilke arbeidsoppgaver føler du er kjedelige å utføre?
  - a. Hva er grunnen til at de er kjedelige? (repeterende)
  - b. Er dette en felles oppfatning eller er det din personlige mening?
  - c. Øker dette risikoen for feil, eller har dere et rammeverk for å utføre disse oppgavene?
9. Er det noen oppgaver som berører alle tre temaene? (kjedelig/repeterende, tidkrevende, feil)

## **Kompetanse innen digitale verktøy**

10. Hvordan føler du at kollegaene dine har taklet overgangen til mer digitalisering på arbeidsplassen?

- a. Hva er inntrykket av kunnskapen til dine kollegaer innen BIM?
- b. Føler du de fleste er interesserte i å tilegne seg mer kunnskap innen BIM?
- c. Hvordan føler du de forskjellige aldersgruppene takler BIM?

11. Hvordan føler du kompetansen din innen BIM ligger?

- a. Blir du ofte spurt om å hjelpe andre hvis de har problemer med programvare?
- b. Spør du ofte om hjelp av andre med programvare?
- c. Synes du det er krevende og bruke digitale verktøy?

12. Hva er ditt forhold til programmering og BIM?

- a. Har du kjennskap til Dynamo eller annen visuell programvare? Rhino / Grasshopper?
- b. Har du fått hjelp til å løse oppgaver som ikke lar seg løse ved tradisjonelle metoder? For eksempel ved bruk av programmering?

## **Forbedring**

1. Er det noen arbeidsoppgaver du tror kan være fornuftig å digitalisere?

- a. Standarder, kontroller, etc? (for ledende)

# Vedlegg E

## Intervjuguide – Dybdeintervju

### Del 1: Spørsmålsguide

Navn	
Type bedrift	
Rolle i firmaet, typiske arbeidsoppgaver	
Noen prosjekter hvor det var spesielt fokus på å automatisere prosesser?	
Hvordan er organisering av BIM i firmaet? Noen som jobber med utvikling?	
Hva tror du er det neste store steget innen BIM?	

## DEL 2 – Kartleggingseksempel

### OVERLEVERING AV TEGNING TIL ARBEIDERNE

	<b>Grad av automatisering (1–6)</b>			
	Input	Processing	Output	$(I+P+O)/3$
Dagens situasjon	1	1	1	1
Mulig fremtidig gjennomføring	5	6	2	4,33

#### **Dagens situasjon**

Input: En PDF-tegning

Processing: Skriver ut kopi av siste revisjon

Output: Fysisk overlevering av tegning

#### **Fremtidig gjennomføring**

Input: BIM-kiosk på byggeplassen

Processing: Modellen blir synkronisert over natten

Output: Arbeiderne tar i bruk BIM-kiosken

- 1 – Manuell sjekk, endres manuelt, aktiveres manuelt
- 2 – Manuell sjekk, endres automatisk, aktiveres manuelt
- 3 – Automatisk sjekk, endres manuelt, aktiveres manuelt
- 4 – Automatisk sjekk, endres manuelt, aktiveres automatisk
- 5 – Automatisk sjekk, endres automatisk, aktiveres manuelt
- 6 – Automatisk sjekk, endres automatisk, aktiveres automatisk



### **Grad av automatisering (1-6)**

---

Input	Processing	Output	$(I+P+O)/3$
-------	------------	--------	-------------

---

Dagens situasjon

Mulig fremtidig  
gjennomføring

---

Dagens situasjon

Input:

Processing:

Output:

Fremtidig gjennomføring

Input:

Processing:

Output:

- 1 – Manuell sjekk, endres manuelt, aktiveres manuelt
- 2 – Manuell sjekk, endres automatisk, aktiveres manuelt
- 3 – Automatisk sjekk, endres manuelt, aktiveres manuelt
- 4 - Automatisk sjekk, endres manuelt, aktiveres automatisk
- 5 - Automatisk sjekk, endres automatisk, aktiveres manuelt
- 6 - Automatisk sjekk, endres automatisk, aktiveres automatisk

## Forslag til oppgaver

	Rådgiver	Entreprenør
Prosjekteringsfasen	3D-armering <i>Modelleringen eller den visuelle representasjonen</i>	3D-armering (tegningsfri byggeplass) <i>Uten bøyeliste</i>
	MMI <i>Koordinering av prosjekteringsteamet</i>	Sporbarhet i endringer
	Samsvarskontroll mellom FEM og BIM	MMI <i>Prosjektstyring</i>
	Regelsjekking <i>Brannvarsler aldri nærmere enn 1m til tilluft, krav om brannvarsler hvis systemhimling &gt; 800mm</i>	Kostnadsberegninger / Anbud
	Analyseliner	Utsparinger i systemhimling
	Eierskap til BIM-objekter <i>Dummydører osv.</i>	Koordineringen
	Kommunikasjon <i>For mange endringer fra premissgiverne gir dårlig produktivitet for eksempel RIV og RIE</i>	NS3451 / TFM <i>Output? Lettere å sortere prosjektets deloppgaver</i>
	Sporing av parametere (i Revit) <i>eks Himlingsobjekt</i>	Bestillinger <i>Hva skal bestilles og når?</i>
	Koordineringen <i>Møtevirksomhet og fremdrift</i>	4D BIM <i>Manuell detaljering av planen?</i>
	Fargelegging av plantegninger for tverrfaglig kontroll <i>eks: ARK sort, RIE grønn, RIV rød...</i>	Tilbudsinnhenting <i>Bredt spekter av tilbydere, sortere etter tildelingskriterier</i>
	Overføring av modell mellom rådgivende <i>Hvor ofte? På hvilken måte?</i>	Søppeltømming, materialovervåking ol. IoT
	NS3451 / TFM <i>-Sortere på tvers av Revitkategorier</i>	Fremdriftsplanlegging <i>Muligheter innenfor AI</i>
	Ressursforvaltning Ref taktprosjektering	Vernerunder / Vernerunderreferat
	Kollisjonskontroll	Kappfri byggeplass
	Gjenbruk av detaljer	Prosjektstatus <i>Scanning av roboter</i>
	Sporbarhet i endringer <i>Hvordan få med seg endringer som konsenektivens for seg selv</i>	Augmented Reality

	IFC-eksport	Kostnadsstyring
	Kontrollviews	Kartlegging av planlagt arbeid mot utført arbeid
	Dokumentasjon av bestemmelser RFI/ISSUES <i>Mange individuelle samtaler blir ikke dokumentert</i> <i>Kommer til enighet på telefon eller MS teams, men ikke sporbarhet</i>	Fremdriftsplan – 4D BIM Synchro
	Publisering av modell til BIM360 <i>Åpne ny revitinstans, ønskes enkel knapp</i>	Dokumentasjon av ferdig arbeid <i>Fuktmåling etc.</i>
<b>Generelt</b>	FDV-dokumentasjon	
	Samhandling mellom programmer	
	Oppdatert informasjon om hvordan utføre eget arbeid <i>Endringer i programvare, standarder osv.</i>	

