

Nils Christian Røvang

Hvordan utnytte digitalisering bedre på byggeplass?

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk

Veileder: Olav Torp

Februar 2023



Nils Christian Røvang

Hvordan utnytte digitalisering bedre på byggeplass?

Masteroppgave i Bygg- og miljøteknikk
Veileder: Olav Torp
Februar 2023

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



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet i sammenheng med emnet *TBM4900 Bygg- og miljøteknikk, masteroppgave* ved Institutt for Bygg- og miljøteknikk på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim. Masteroppgaven vekter 30 studiepoeng av gradens totalt 300 poeng.

Masteroppgaven handler om bedre utnyttelse av digitalisering under produksjon på byggeplass. Bakgrunn for valg av dette temaet er relatert til tidligere arbeid med prosjektoppgave ved navn *Bruk av digitale hjelpemidler på byggeplass*. Jeg har gjennom studier og arbeid med prosjektoppgave fått en interesse for digitalisering av byggebransjen og dermed en nysgjerrighet rundt påstander om at byggebransjen er umoden når det gjelder digitalisering og innovasjon. Videre er også et mål med oppgaven å komme frem til anbefalinger om veien videre for økt digitalisering av byggebransjen. Spesifikt har det blitt rettet fokus mot byggeplassen, da dette sies å være minst digitalisert i byggebransjen. Dette har vært en spennende tematikk å utforske og det har åpnet opp for å lære av flere dyktige aktører som jeg er svært takknemlig for.

Det er flere jeg ønsker å takke for deres bidrag til masteroppgaven. Først ønsker jeg å takke veileder, Olav Torp, for gode råd og konstruktive tilbakemeldinger både ved utforming og gjennomføring av oppgaven. Jeg ønsker også å rette en stor takk til alle som har bidratt som intervjuobjekt. Dere har gitt et unikt og viktig innblikk i bransjen i form av egne erfaringer og refleksjoner. Dette har vært avgjørende for å besvare oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Til slutt ønsker jeg også å rette en takk til dere som har satt meg i kontakt med intervjuobjektene.

Oslo, februar 2023



Nils Christian Røvang

Sammendrag

Byggebransjen er en stor og viktig næring i Norge, som har slitt med fall i produktivitet på nesten ti prosent siden år 2000 og lave driftsmarginer. Bransjen selv hevder at digitalisering utgjør deler av løsningen for økt produktivitet og lønnsomhet. Hvordan kan digitalisering utnyttes bedre under produksjon på byggeplass? Dette er spørsmålet forskningsarbeidet har forsøkt å besvare. I og med at studier viste at byggebransjen ligger bak andre næringer når det gjelder digitalisering og innovasjon var det en hypotese om at byggebransjen kunne hente inspirasjon fra oljebransjen.

Studien har forsøkt å dykke dypere ned i problemstillingen ved å kartlegge nå-situasjonen, hvilke utfordringer og muligheter digitalisering byr på kort sikt og hvordan man kan jobbe for å utnytte digitalisering bedre under produksjon på byggeplass. Forskingen ble gjennomført med en metodetriangulering som har inneholdt litteratursøk, to dokumentstudier og 14 kvalitative intervjuer. Intervjuobjektene bestod av ti stykker fra byggebransjen og fire fra oljebransjen. Byggebransjens informanter representerte forskjellige deler av bransjen med vei, jernbane, leilighets- og næringsbygg, samt en rekke ulike fagområder og store, små, private og offentlige bedrifter.

Resultatene fra forskningen tilsier at den digitale status i byggebransjen synes mangehodet og fragmentert, men det ble identifisert mange sammenfallende utfordringer og muligheter for bedre utnyttelse både på kort og lengre sikt. Funnene tilsier at det er tilgang på en rekke digitale løsninger, og i stor utstrekning lik som oljebransjen, men byggebransjen har ikke evnet å ta disse i bruk som en samlet bransje i stor skala. Resultatene tyder på at adopsjon og implementering handler vel så mye om endringsledelse og -kultur som teknologi.

Analysen konkluderer med at byggebransjen i dag ligger bak andre næringer og fremdeles er i en tidlig fase i sitt eget digitale veikart. Funnene fra forskningen tilsier at bransjen har et potensiale for å utnytte digitalisering bedre på byggeplass. Hypotesen om at det kan hentes prosess- og produktinnovasjon fra oljebransjen ble også bekreftet, og oppgaven har forsøkt å flette inn erfaringer og inspirasjon underveis i forskningsarbeidet. Det ble identifisert noen *digitale aktiviteter som raskt kan gi gevinst*. Disse er: (1) konsolidere og standardisere programvare, (2) samlenne digital plattform, (3) automatisering av administrative prosesser, (4) standardisering av byggelementer og (5) brukerstyrt kompetanseutvikling.

For å høste de store gevinster med digitalisering viser diskusjonen at det er noen *langsiktige tiltak og forutsetninger* som må iverksettes for å utnytte bedre digitalisering på byggeplass. Disse kan listes som: (1) helhetlig plan for funksjonell digital byggeplass, (2) digital tvilling basert på samlenne BIM, (3) samarbeid i verdikjeden og omforent gjennomføringsmodell, (4) stor aktør med investeringsmidler, (5) kompensasjonsmodeller for økt digitalisering, (6) positiv endringskultur og (7) økt grad av standardisert modulbasert bygging.

Underveis i arbeidet kom det observasjoner og innspill som pekte i retning av at byggebransjen kan forske videre på et forslag til Digitalt veikart 3.0 med en grunnmur bestående av de tre funnene: G1) endringskultur og -ledelse, G2) omforent gjennomføringsmodell og G3) stor ledende aktør, samt bredere blikk og vurdering av visjon, mål, produkter og muliggjørere.

Abstract

The construction industry is a large and important industry in Norway which has struggled with a drop in productivity of almost ten per cent since the year 2000 and low operating margins. The industry itself claims that digitalisation forms part of the solution for increased productivity and profitability. How can digitalisation be used better during production on construction sites? This is the question the research has attempted to answer. As studies showed that the construction industry is behind other industries in terms of digitalisation and innovation, there was a hypothesis that the construction industry could draw inspiration from the oil industry.

The study has tried to delve deeper into the problem by mapping the current situation, what challenges and opportunities digitalisation offers in the short term and how one can work to make better use of digitalisation during production on construction sites. The research was carried out with a method triangulation which has contained a literature search, two document analysis and 14 qualitative interviews. The interviewees consisted of ten people from the construction industry and four from the oil industry. The construction industry's informants represented different parts of the industry, including road, railway, and buildings, as well as several different professional areas and large, small, private, and public companies.

The results of the research indicate that the digital status in the construction industry seems fragmented, but many overlapping challenges and opportunities for better utilisation were identified both in the short and longer term. The findings indicate that there is access to several digital solutions, and to a large extent like the oil industry, but the construction industry has not been able to adopt it as a unified industry on a large scale. The results suggest that adoption and implementation are probably as much about change management and culture as technology.

The analysis concludes that the construction industry is currently lagging behind other industries and is still in an early phase in its own digital roadmap. The findings from the research indicate that the industry has the potential to make better use of digitalisation during production on construction sites. The hypothesis that process- and product-innovation can be obtained from the oil industry was also confirmed, and the thesis has tried to incorporate experiences and inspiration during the research work. Some identified digital activities can quickly generate benefits such as: (1) consolidating and standardising software, (2) unifying digital platform, (3) automation of administrative processes, (4) standardisation of building elements and (5) user-led competence development.

To harvest the great benefits of digitalisation, the discussion shows that there are some long-term measures and prerequisites that must be implemented to make better use of digitalisation on construction sites. These can be listed as: (1) comprehensive plan for a functional digital construction site, (2) digital twin based on unifying BIM, (3) collaboration in the value chain and unified implementation model, (3) large player with investment funds, (4) compensation models for increased digitalisation, (5) positive culture of change and (6) increased degree of standardised modular construction.

During the work, there were observations and input that pointed in the direction that the construction industry can further research a proposal for Digital roadmap 3.0 with a foundation consisting of the three findings: G1) change culture and management, G2) unified implementation model and G3) major leading actor, as well as a broader view and assessment of vision, goals, products, and enablers.

Innholdsfortegnelse

Tabeller	VI
Figurer	VI
Liste med forkortelser og begreper	VI
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål	1
1.3 Omfang og avgrensning	2
1.4 Oppgavens oppbygning	2
2 Metode	4
2.1 Forskningsmetoder	4
2.2 Valg av forskningsdesign	5
2.3 Datainnsamling	6
2.4 Litteraturstudie	7
2.5 Dybdeintervju	10
2.6 Dokumentstudier	13
2.7 Dataanalyse	13
2.8 Metodekvalitet	14
3 Teori	18
3.1 Digitalisering	18
3.2 BIM	20
3.3 Digitale verktøy	20
3.4 Automasjon og robotikk	23
3.5 Application Programming Interface	23
3.6 Virtual Design and Construction	24
3.7 Det digitale veikartet	25
3.8 Implementering og adopsjon av ny teknologi	27
3.9 Endringsledelse	28
3.10 Menneskelige utfordringer ved bruk av ny teknologi	30
3.11 Overføring av kunnskap og erfaringer	31
4 Resultat	33
4.1 FS1 – Hva er status i dag når det gjelder digitalisering under produksjon på byggeplass?	33
4.2 FS2 – Hvilke utfordringer og muligheter byr digitalisering på under produksjon?	38
4.3 FS3 – Hvordan kan man jobbe for å utnytte digitalisering under produksjon på en bedre måte? ...	47
5 Diskusjon	52
5.1 FS1 – Hva er status i dag når det gjelder digitalisering under produksjon på byggeplass?	52
5.2 FS2 – Hvilke utfordringer og muligheter byr digitalisering på under produksjon?	56
5.3 FS3 – Hvordan kan man jobbe for å utnytte digitalisering under produksjon på en bedre måte? ...	62
6 Konklusjon	67
6.1 FS1 – Hva er status i dag når det gjelder digitalisering under produksjon på byggeplass?	67
6.2 FS2 – Hvilke utfordringer og muligheter byr digitalisering på under produksjon?	67
6.3 FS3 – Hvordan kan man jobbe for å utnytte digitalisering under produksjon på en bedre måte? ...	68
6.4 Problemstillingen – Helhetlig analyse	68
6.5 Anbefalinger	69
Referanseliste	71
Vedlegg	77

Vedlegg A – Forenklet søkerlogg masteroppgave	78
Vedlegg B – Forenklet søkerlogg prosjektoppgave	80
Vedlegg C – Intervjuguide for byggebransjen	81
Vedlegg D – Intervjuguide for oljebransjen	82

Tabeller

Tabell 1: Oppgavens struktur	3
Tabell 2: Utdrag fra søkematrise	8
Tabell 3: Oversikt over intervjuobjektene	10
Tabell 4: Evaluering av litteraturstudie	15
Tabell 5: Evaluering av dybdeintervju	16
Tabell 6: Evaluering av dokumentstudier	16
Tabell 7: Innovasjonsaktivitet i norsk næringsliv oppgitt i prosent (SSB, 2021)	19
Tabell 8: Fordeler og ulemper med BIM-kiosker	21
Tabell 9: Fordeler og utfordringer ved bruk av digitale håndholdte enheter	22
Tabell 10: Implementering av endringer	29
Tabell 11: Oversikt digitale løsninger fra intervjuene	36
Tabell 12: Et O&G prosjekts digitale løsninger (Dokumentstudiet)	38
Tabell 13: Resultater FS2 - Oppsummering av funnene	47
Tabell 14: Diskusjon FS2 - Resultater sett i teoretisk kontekst	56

Figurer

Figur 1: Forskningsløken (Saunders <i>et al.</i> , 2009)	4
Figur 2: Grader av industrialisering (Kamaruddin <i>et al.</i> , 2016)	23
Figur 3: VDC-rammeverk (Hjelseth, 2022)	24
Figur 4: Digitalt veikartet 1.0 (Byggenæringens landsforening, 2017b)	26
Figur 5: Prosessmodell for endring (Hayes, 2018)	30
Figur 6: Modell for erfaringsoverføring (Onsøyen og Spjelkavik, 2002)	32
Figur 7: Identifisert feil via HoloLens (Dokumentstudiet)	46
Figur 8: Digitalt veikart 3.0	70

Liste med forkortelser og begreper

BIM	Building Information Modeling/ Bygningsinformasjonsmodellering
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet/ The Norwegian University of Science and Technology
BAE-næringen	Bygge-, anleggs- og eiendomsnæringen
BNL	Byggenæringens Landsforening
FS 1, 2, 3	Forskningsspørsmål 1, 2, 3
AR	Augmented Reality
VR	Virtual Reality
SSB	Statistisk sentralbyrå
Oljebransjen	Olje- og gassbransjen, petroleumsindustrien og energiindustrien

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

BAE-næringen er blant de fire største næringene Norge og ved at næringen skaper gode bygg og anlegg eller infrastruktur er andre næringer og samfunnet generelt avhengig av bransjen (Byggenæringens Landsforening, 2017a). Positive effekter i byggebransjen vil dermed spre seg og ha positive effekter for samfunnet. Teknologien i verden utvikler seg raskt og digitaliseringen påvirker alle næringer, inkludert byggebransjen. Det endrer på måten vi jobber, kommuniserer og samhandler. Bransjen har hatt en stagnerende produktivitetsutvikling og lave driftsmarginer, hvor økt digitalisering anses å være deler av svaret og har et stort gevinstpotensial. Likevel viser flere artikler og studier til at bransjen ligger bak når det gjelder digitalisering og innovasjon (SSB, 2021; Gandhi et al., 2016).

Byggebransjen er å anse som en gammel tradisjonsrik bransje med forretnings- og gjennomføringsmodeller, samt arbeidsprosesser etablert før digitalisering skjøt fart. I dag snakkes det om å effektivisere, automatisere og digitalisere bransjen slik den har eksistert i lang tid. For å kunne forbedre produktivitet og driftsmarginer, må bransjen tilpasse seg endrede rammebetingelser og tilegne seg ny kunnskap. Bransjen selv etablerte derfor et digitalt veikart i 2017 for å peke ut en retning for *hvordan* den bør digitaliseres (Byggenæringens Landsforening, 2017a). Det er verdt å merke seg at veikartet ikke stilte spørsmål om næringen skal digitaliseres eller ikke.

Studier viser til bedrifter som klarer å dra nytte av datadrevet innovasjon som kan vise til høyere produktivitetsvekst, avkastning på investert kapital og markedsverdi enn andre (OECD, 2015). Tallene knytter det seg dog stor usikkerhet til, og variasjonene viser seg å være store mellom næringer. På noen områder i BAE-næringen er digitaliseringen i full gang, men det kreves større satsing for å få økt lønnsomhet og bærekraft, sier fungerende forskningsleder Labonnate i SINTEF (2021). Det mangler både forskningsstrategier, samt ressurser til forskning, utvikling og innovasjon. Det påpekes at bransjen er fragmentert, det vil si benytter seg av digitale verktøy i ulik grad. Ifølge data fra Statistisk sentralbyrå er byggebransjen dårligere enn gjennomsnittet blant norske næringer på alle punkter (SSB, 2021). Dette åpner opp for spørsmål som hvilke og hvordan digitale løsninger brukes på norske byggeplasser i dag? Hvilke utfordringer og muligheter ligger i økt utnyttelse av bruken av digitalisering? Hva er veien videre for å sikre bedre utnyttelse av digitalisering for byggebransjen? Denne masteroppgaven søker å se nærmere på disse.

1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

Krig i Europa, råvare- og varemangel, økende energipriser og generell prisvekst taler i sum for at tiden fremover blir krevende også for byggebransjen. Med andre ord det er viktig å se på alle muligheter for å skape mer verdiskapning og mer effektiv bruk av ressurser. Formålet med denne masteroppgaven er å søke bedre kunnskap og innsikt om hvordan bransjen kan bedre utnytte digitalisering for derigjennom å imøtekomme fremtidens usikkerhet og endrede rammebetingelser på en best mulig måte. Med bakgrunn i dette ble det utformet en problemstilling og tre forskningsspørsmål.

Problemstilling:

«Hvordan kan byggebransjen utnytte digitalisering bedre under produksjon på byggeplass?»

For å kunne besvare denne problemstillingen har det vært hensiktsmessig å dele inn i tre forskningsspørsmål. På denne måten er det mulig å dykke dypere ned i tematikk og belyse mer presist hva som skal analyseres.

Forskningsspørsmål:

1. Hva er status i dag når det gjelder digitalisering under produksjon på byggeplass?
2. Hvilke utfordringer og muligheter byr digitalisering på under produksjon?
3. Hvordan kan man jobbe for å utnytte digitalisering under produksjon på en bedre måte?

Formålet med oppgaven er å bidra med kunnskap om hvordan digitalisering bedre kan utnyttes under produksjon. Antakelsen er at byggebransjen ligger bak oljebransjen når det gjelder utnyttelse av digitale verktøy og digitalisering generelt. Det er derfor interessant å analysere likheter og forskjeller samt muligheter for å hente prosess- og produktinnovasjon fra oljebransjen.

1.3 Omfang og avgrensning

Denne oppgaven er utformet i forbindelse med emnet *TBM4900 Bygg- og miljøteknikk, masteroppgave* ved Institutt for bygg- og miljøteknikk på NTNU i Trondheim. Masteroppgaven er utført av en student og venter 30 studiepoeng.

Under utforming av oppgavens problemstilling ble byggebransjens digitale veikart 1.0 og 2.0 studert. Disse anser jeg som gode rettesnorere for tematikken om hvordan byggebransjen kan utnytte digitalisering bedre. Selve avgrensningen med hvordan sikre en størst mulig effekt av digitalisering åpner for mange problemstillinger. Det var derfor av tidsmessige årsaker nødvendig å rette fokus mot produksjon på byggeplass. En annen avgrensning var antall intervjuobjekter det er mulig å intervjuer. Det er dermed ikke gitt åpning for intervjuer i ulike faser av masteroppgaven, som kunne gitt et noe annet resultat selv om tidsrommet uansett er begrenset.

Oppgaven er skrevet uavhengig av bedrift, som på den ene siden betyr at jeg ikke har fått den dybdeinnsikt som samarbeid med én bedrift vil kunne gi. På den annen side betyr det jeg har kunnet være mer uavhengig i utforming og gjennomføring. Oppgavens nøytralitet bør styrke påliteligheten til studien. Det ble i ettertid erfart at det kunne vært fordelaktig med resultater fra flere ulike representanter i oljebransjen, som kunne ført til et mer presist bilde av den bransjen til sammenligningen med byggebransjen.

1.4 Oppgavens oppbygning

Oppgavens utforming er basert på IMRoD strukturen som NTNU anbefaler for masteroppgaver (NTNU, u.å.). IMRoD står for Introduksjon, Material og metode, Resultat og Diskusjon. I og med at målet med oppgaven er å anvende teori sammen med empiri for å besvare problemstilling, er det inkludert et teorikapittel mellom metode og resultater. I tillegg er det avslutningsvis inkludert en konklusjon for å lukke oppgaven og trekke sammen noen tråder. Se Tabell 1 for en oversikt over oppgavens struktur og beskrivelse av innhold i hvert kapittel.

Tabell 1: Oppgavens struktur

1 – Innledning	Kapittelet redegjør bakgrunnen for oppgaven og presenterer forskningsspørsmålene og problemstillingen
2 – Metode	Kapittelet presenterer metodene brukt for å innhente informasjon
3 – Teori	Kapittelet redegjør det teoretiske rammeverket som kreves for å diskutere oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål
4 – Resultat	Kapittelet presenterer resultatet fra intervjuer
5 – Diskusjon	I kapittelet diskuteres teori og resultater for å belyse forskningsspørsmålene
6 – Konklusjon	I konklusjonen brukes forskningsspørsmålene til å besvare problemstillingen vha. teori, funn i litteraturen, resultater og diskusjon

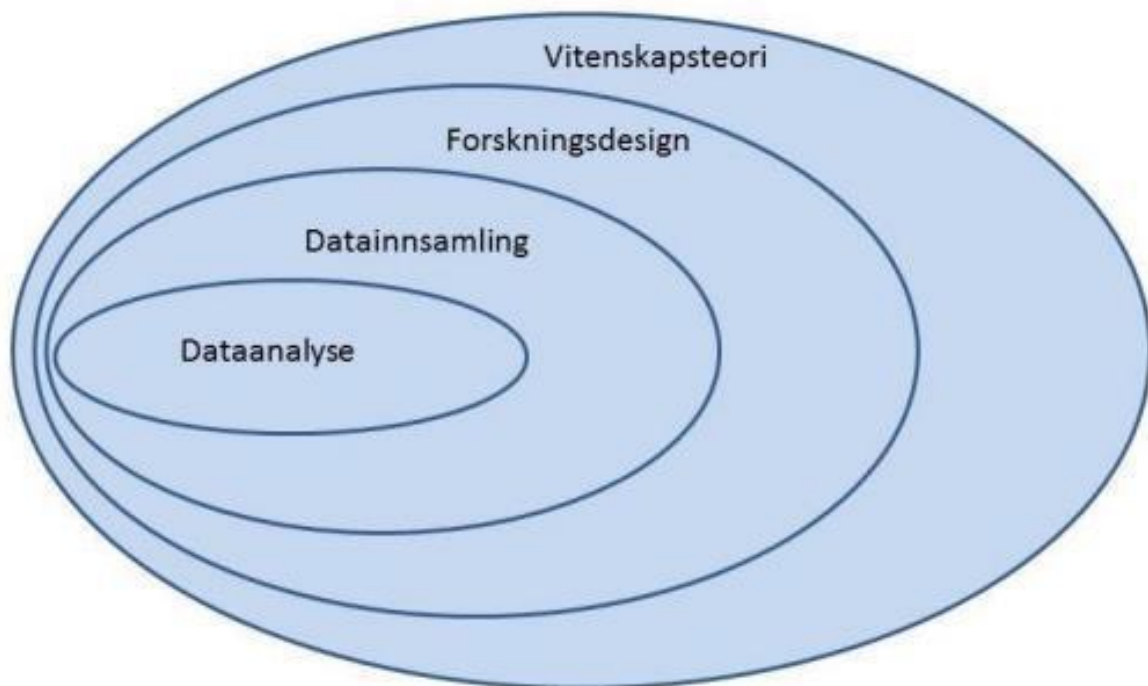
2 Metode

Metodekapittelet gir en grundig redegjørelse for hvilke vitenskapelige metoder som er benyttet for å besvare studiens problemstilling og forskningsspørsmål. Hensikten er å gi et innblikk i hvilke metodevalg som er tatt og hvorfor. I det videre presenteres valg av forskningsdesign, metode for datainnsamling og dataanalyse, samt en vurdering av metodekvalitet.

2.1 Forskningsmetoder

For utarbeidelsen av metode i denne oppgaven er det tatt utgangspunkt i Busch (2013) sin metodeguide i akademisk skriving for bachelor- og masterstudenter. Boken har vært spesielt viktig i valg av forskningsdesign. Tjora (2017) sin bok om kvalitative forskningsmetoder i praksis har blitt brukt i stor grad, spesielt til utredningen av forskningsmetodene. Boken har også gitt innspill til evalueringskriterier til forskningsmetodene. For å få en bedre forståelse av dataanalyseprosessen har boken til Thagaard (2018) vært sentral. Bøkene er skrevet som veiledninger til skriving, gjennomføring av oppgaver og/eller forskning og anses som tilfredsstillende til forskningsmetoder og metodekapittelet.

Ved valg av forskningsmetoder er det valgt å ta utgangspunkt i nivåene Busch (2013) benytter. Han beskriver dette ved hjelp av Saunders *et al.* (2009) sin forskningsløk, vist i Figur 1. I utgangspunktet skal man starte i det ytterste laget å gjøre ulike metodevalg i hvert lag innover i forskningsløken, til det innerste laget som er dataanalyse. Grunnet oppgavens omfang blir det ikke sett på som nødvendig å diskutere vitenskapsteori. Dette ville vært aktuelt ved gjennomføring av en doktorgradsavhandling. Metodevalg vil derfor inkludere de tre lagene forskningsdesign, datainnsamling og dataanalyse.



Figur 1: Forskningsløken (Saunders *et al.*, 2009)

2.2 Valg av forskningsdesign

2.2.1 Intensivt design

I prosjekter er det begrensede ressurser og det må foretas et valg mellom ekstensivt og intensivt design (Busch, 2013). Et ekstensivt design innebærer å samle inn data fra mange kilder og et godt eksempel på dette er spørreundersøkelser. Et intensivt design samler data fra færre kilder, men går mere i dybden som for eksempel ved å gjennomføre intervjuer. Busch (2013) påpeker at det viktigste kriteriet for valget mellom de to designene ligger i problemstillingen. Dersom et komplekst problem med mange variabler undersøkes, egner et intensivt design seg godt til en slik studie. Et ekstensivt design egner seg godt dersom problemets formulering er mer avgrenset. I denne oppgaven er problemstillingen og forskningsspørsmålenes formuleringer relativt komplekse og med mange variabler som trekker mot et intensivt design. Det er ønskelig å få frem personlige erfaringer og meninger for å besvare disse spørsmålene og derfor er et intensivt design valgt. Det ville vært utfordrende å få slike resultater med et ekstensivt design som går mere i overflaten, men henter data fra mange kilder. Dette kan gi et godt bilde av hele bransjen. I valget mellom et ekstensivt og intensivt design ble det gjort en avveining som kom frem til at det var hensiktsmessig å gå i dybden fremfor å få et mere generelt overblikk. Dette er fordi forskningsspørsmålene er omfattende og innebefatter flere faktorer. Det er ikke nødvendigvis noe fasitsvar på hvilke utfordringer og muligheter digitalisering byr på og hvordan det kan utnyttes bedre. Svarene kan variere utfra personer og bedrifters ståsted, som det ble vurdert at det lønner seg å gå i dybden for å undersøke.

2.2.2 Kvalitativ data

Valget mellom kvalitative og kvantitative data er nært knyttet opp mot det foregående valget mellom ekstensivt og intensivt design (Busch, 2013). Ved ekstensivt design egner kvantitativ data seg godt. Det gjør det lettere å samle inn og håndtere store mengder med data, samt at avanserte analyser av dataene krever definerte og avgrensede teoretiske modeller. Dataene uttrykkes gjerne som tall eller andre mengdetermer og fungerer godt sammen med blant annet spørreundersøkelser (Grønmo, 2021). Johansen og Sundby (2019) påpeker at en ulempe med kvantitative undersøkelser er at vi kan gå glipp av informasjon som er vanskelig å tallfeste. I motsetning til kvantitativ data, uttrykkes vanligvis kvalitativ data i form av tekst (Grønmo, 2020). Et slikt design gjør det lettere å gå i dybden for å studere komplekse og uklare problemstillinger og egner seg dermed godt sammen med et intensivt design (Busch, 2013).

Status på digitalisering, utfordringer og muligheter samt bedre utnyttelse av digitalisering ble sett på som vanskelig å kvantifisere. Som nevnt i kapittel 2.2.1 *Intensivt design* er det ikke nødvendigvis et fasitsvar på forskningsspørsmålene. Status på digitalisering kunne vært utforsket og uttrykt med et ekstensivt design og kvantitativ data, men for å undersøke utfordringer, muligheter og bedre utnyttelse av digitalisering ønskes det å gå i dybden, stille oppfølgingsspørsmål og få en bedre forståelse. Kvalitativ metode er mere utforskende og åpner opp for meninger og refleksjoner, som en ikke får ved kvantitativ data. Siden forsker har begrenset med forkunnskaper om temaet ble det vurdert til at et utforskende intervju med kvalitativ data egner seg godt i denne oppgaven.

2.2.3 Valg av tidsperspektiv

Det sentrale spørsmålet ved tidsperspektiv er om dataen skal samles inn ved ett eller flere tidspunkter (Busch, 2013). Ved å samle inn data på flere tidspunkter er det mulig å fange opp endringer og utviklingstrekk, samt at det gjør det lettere å studere årsak-virkning-forhold. I forhold til problemstillingen kunne dette vært svært interessant å studere, spesielt siden det ikke er noen som er sikre på hvordan bransjen kommer til å endre seg de neste årene. Dette kunne vært gjort ved å intervjuer på to forskjellige

tidspunkter med noen års mellomrom. Da ville det vært mulig å se en utvikling og en kunne fått mere konkrete svar på hvilke tiltak og teknologi som hadde en effekt.

På grunn av tidsbegrensninger satt av masteroppgaven, vil det ikke ha noen hensikt å intervjuer på to forskjellige tidspunkter. Det vil ikke ha skjedd nok endringer på så kort tid til å kunne kartlegge noen utviklingstrekk eller årsak-virkning-forhold. Derfor har det blitt valgt at denne studien utføres som en tverrsnittsundersøkelse ved at intervjuene er blitt foretatt på ett tidspunkt (Busch, 2013). En måte å kompensere for dette på er å be respondentene om å reflektere over deres erfaringer og meninger om de prosessene de har vært gjennom. Dette passer godt sammen med et intensivt design og kvalitativ data.

2.2.4 Fenomenologisk hoveddesign

Ved valg av hoveddesign er det flere muligheter som representerer en bestemt kobling mellom vitenskapsteorier og metodiske utfordringer (Busch, 2013). I denne oppgaven er det et fenomenologisk hoveddesign som passer best. Det har som utgangspunkt at individer utvikler sine kunnskaper ved interaksjon med sine omgivelser. Individer kan gjennom sosial interaksjon med andre eller refleksjon tillegge ulike fenomener de opplever mening. Fenomenologiske studier ønsker å avdekke meningene om fenomenene som skal studeres. Kvalitative og dyptgående intervjuer som legger opp til refleksjon er en god metode for å få frem erfaringer og meninger. For å besvare problemstillingen og forskningsspørsmålene er det nødvendig for intervjuobjektene å reflektere rundt sine erfaringer og meninger. Utfordringer, muligheter og hvordan digitalisering kan utnyttes på en bedre måte har som nevnt tidligere ikke nødvendigvis et fasitsvar. Intervjuobjektets subjektive meninger påvirkes av deres erfaringer. Hva enkeltpersoner har behov for og ønsker at situasjonen skal bli videre, med tanke på digitalisering, er ikke nødvendigvis det samme som for alle andre. Forskningsspørsmålene forsøkes å belyses ved å få intervjuobjektene til å reflektere rundt egne erfaringer og meninger om hva status på digitalisering er i dag, hva de ser et behov for, hvordan de ønsker det skal bli fremover og hva som er riktig vei dit. Derfor er et fenomenologisk hoveddesign egnet til oppgaven.

2.3 Datainnsamling

Valg av metoder for datainnsamling har blitt gjort ved å studere metodebøkene til Tjora (2017) og Busch (2013). Metodene som ble valgt er dybdeintervju, litteraturstudie og dokumentstudier. *Dybdeintervju* ble valgt på bakgrunn av valgene av forskningsdesign og metodeboken til Tjora (2017). Det egner seg godt til å få frem og undersøke nyanser i meninger, erfaringer og holdninger fra informantene, som er ønsket for å besvare denne oppgavens forskningsspørsmål. Spørreundersøkelse ble valgt bort fordi det egner seg bedre til kvantitative studier, krever mere forkunnskap om fenomenene som undersøkes og et større antall informanter. Spørreundersøkelse egner seg bedre til å undersøke utbredelse av erfaringer og opplevelser enn nyansene ved dem. Observasjonsstudier ble også valgt bort. Ved observasjonsstudier observeres det hva folk gjør i motsetning til intervjuer som studerer hva folk sier. Ved observasjon kan det være utfordrende å besvare elementer av forskningsspørsmål som innebærer fremtiden. Observasjonsstudier vil også være mere spesifikke for arbeidsplassen som studeres, mens ved intervjuer er det lettere å samle inn data fra et bredere spekter med aktører. *Litteraturstudie* er viktig for å danne en teoretisk bakgrunn både for oppgaven og intervjuene. Teorien benyttes også videre og diskuteres opp mot resultatene fra intervjuer og dokumentstudier. *Dokumentstudier* ble valgt fordi forsker ble tilsendt dokumenter fra intervjuobjekter som var relevante og det er dermed en enkel måte å samle inn tilleggsdata. I det videre utdypes valg av metoder, variabler og operasjonalisering av variablene.

2.3.1 Datainnsamling ved litteraturstudie

Litteraturstudien gir en oversikt over hva som er skrevet om studiets tema og danner en teoretisk bakgrunn for oppgaven (Grant og Booth, 2009; Arksey og O'Mally, 2005). Hovedsakelig ble de akademiske databasene *Scopus*, *Oria* og *Google Scholar* brukt til å

søke etter relevant litteratur. Databasene er anbefalt av NTNU og brukt i tidligere fag som *TBA4128 Prosjektledelse videregående kurs* (NTNU Universitetsbibliotek, u.å.). Litteraturstudien forklares videre i kapittel 2.4 *Litteraturstudie*. Variablene for litteraturstudiet styres i stor grad av forskningsspørsmålene og teoriene som benyttes i analysen (Busch, 2013). Operasjonaliseringen skjer ved å benytte den innsamlede dataen til å besvare forskningsspørsmålene.

2.3.2 Datainnsamling ved dybdeintervju

Instrumentet som benyttes i forbindelse med datainnsamling til studien er intervjuguiden (Busch, 2013). Intervjuformen som benyttes er dybdeintervju. Disse blir grundigere forklart i kapitlene 2.5 *Dybdeintervju* og 2.5.2 *Intervjuguide*. Dybdeintervju gir rom for informantene til å snakke fritt og reflektere rundt egne tanker, meninger og erfaringer (Tjora, 2017). Det er hensiktsmessig for å besvare forskningsspørsmålene.

Variablene i dybdeintervjuet bestemmes hovedsakelig av informantene, grunnet at det reflekteres rundt egne meninger og erfaringer (Busch, 2013). Av denne grunn er det ikke like nødvendig å diskutere valget av variabler. Intervjuguiden benyttes til å styre samtalen så den ikke sporer av fra det ønskede temaet. Den brukes også til å fange opp og få utdypet interessante temaer. En utfordring ved dybdeintervju er at informasjonen fra intervjuobjektene er subjektiv og er påvirket av deres ståsted. Dette påvirker informasjonens pålitelighet og studiens generaliserbarhet. Det kan lønne seg å triangulere informasjonen med litteraturstudien og dokumentstudier. Det er en mulighet for at man sitter igjen med erfaringer som ikke ble videre undersøkt, samt at en ikke har kontroll på hva informanter som ikke deltok har av erfaringer (Tjora, 2017). Det forsøkes derfor å dekke et bredt spekter av informanter, som er videre beskrevet i kapittel 2.5.1 *Valg av intervjuobjekter*.

Operasjonalisering av variabler styres hovedsakelig av intervjuguiden, som er utarbeidet med bakgrunn i forskningsspørsmålene og inndelt i oppvarmings-, refleksjons- og avslutningsspørsmål (Busch, 2013; Tjora, 2017). Teoretiske begreper benyttes for å understreke hva som måles. Disse vil variere noe fra informant til informant, grunnet at de har ulik bakgrunn og derfor ulike begreper og termer.

2.3.3 Datainnsamling ved dokumentstudier

Dokumentstudier benyttes i denne oppgaven som tilleggsdata til dybdeintervju og litteraturstudie (Tjora, 2017). Dokumentene er skrevet med andre formål enn forskning og det er viktig å se dem i sin kontekst. Variablene for deres formål, for hvem og av hvem de er skrevet, når de er skrevet og hvor de er skrevet er viktig å ta hensyn til. Operasjonaliseringen skjer ved å benytte dem som tilleggsdata for å besvare forskningsspørsmål.

2.4 Litteraturstudie

En Litteraturstudie er en omfattende studie og tolkning av litteratur som tar for seg et spesifikt emne (Aveyard, 2014). Gjennom systematiske søk og kritisk vurdering av litteratur kan en få en oversikt over forskning som er gjort innenfor emnet tidligere.

Denne studien henter litteratur fra to ulike litteratursøk. Et fra tidligere gjennomført prosjektoppgave og det er derfor gjenbrukt noe litteratur fra denne oppgaven, som forklares i kapittel 2.4.4 *Litteratur fra prosjektoppgave*. Det er også gjennomført et nytt litteratursøk i forbindelse med denne masteroppgaven som beskrives i de resterende kapitlene i 2.4 *Litteraturstudie*.

2.4.1 Fremgangsmåte ved litteratursøk

Det er gjennomført en litteraturstudie av typen «scoping study» etter den trinnvise metoden til Arksey og O'Mally (2005). Metoden kan brukes til å effektivt kartlegge

essensen av forskningen som er gjort på et fagområde og bygge opp et teorigrunnlag. Den består av følgende trinn:

1. Identifisere problemstilling og forskningsspørsmål
2. Identifisere potensielt relevant litteratur
3. Utvelging av litteratur
4. Kartlegging av litteratur
5. Samle, oppsummere og rapportere resultatene.

For å identifisere potensielt relevant litteratur av høy kvalitet ble det gjennomført søk i akademiske databaser. Søk i akademiske databaser egner seg godt til å gi relevante og spesifikke treff innenfor et gitt tema (Engebø, u.å; NTNU Universitetsbiblioteket, 2021). Følgende databaser ble mest brukt:

- *Scopus* er en database som består av fagfellevurdert litteratur i journaler, bokserier eller fra konferanseserier (Elsevier, u.å). Det er et enkelt grensesnitt på søkemotoren hvor det er lett å gjøre nødvendig avgrensninger eller utvidelser av søket. Scopus har siterings- og referanseverktøy som gjør det mulig for leseren å finne all relatert litteratur tilknyttet den aktuelle artikkelen både frem og tilbake i tid.
- *Oria* lar deg søke i NTNU Universitetsbiblioteket sine samlinger av artikler, bøker, tidsskrifter m.m. (NTNU Universitetsbiblioteket, 2021a). Til sammenligning med Scopus er ikke all litteraturen fagfellevurdert, men Oria inneholder også norsk litteratur.
- *Google Scholar* består av et svært bredt spekter av artikler, bøker og tidsskrifter. NTNU Universitetsbiblioteket har blant annet gjort sin litteratur søkbar der (NTNU Universitetsbiblioteket, 2021). Søkjetjenesten består ikke utelukkende av fagfellevurdert litteratur. Det er begrensede muligheter til å avgrense søket, noe som ofte gir et u håndterbart antall treff.

Innledningsvis ble det gjennomført pilotsøk. Dette ble gjort for å velge ut relevante søkeord for hvert tema og som utgangspunkt for dette ble det brukt studiens tema, formål, problemstilling og forskningsspørsmål. Bruk av enkle søkeord kan gi et u håndterlig antall treff og det ble derfor brukt boolske operatører. De boolske operatørene AND, OR og NOT kan brukes til å avgrense og øke antall treff ved å kombinere eller ekskludere søkeord (Søk & Skriv, 2020). Databasen har også innebygde avgrensninger som gjøre det mulig å begrense søket innenfor blant annet språk, dokumenttype, fagområde og årstall. Som utgangspunkt ved for mange treff ble det satt en begrensning på ca. de siste ti årene. Dette ble gjort fordi at fagfeltene digitalisering og digitale hjelpemidler utvikler seg fort og dermed kan litteratur som muligens er utdatert begrenses. Trunkering ble benyttet for å utvide søket og få med flere endelser på ord. Det er også gjort søk innen andre relevant temaer utover byggebransjen. Dette forklares videre i kapittel 2.4.3 *Litteratur fra andre bransjer*. Under vises et utdrag fra utvidet søkematrise i Tabell 2. Der vises søkeord og antall treff for å illustrere hvordan det er gått frem for å snevre inn søket. I Vedlegg A vises en forenklet versjon av søkerloggen.

Tabell 2: Utdrag fra søkematrise

Søkeord	Avgrensning	Antall treff		
		Scopus	Oria	Google Scholar
"Virtual design and construction"		152	195	3550
AND VDC AND BIM	2012 - nå	52	63	1900
Implement* AND technology AND construction		21088	127602	4260000
AND AEC AND ICT		28	32	211000

Erfaringsoverføring		0	77	1110
	Ekskluder masteroppgaver	0	38	655
"Construction automation" AND robotics		206	203	5630
AND technology	2012 - nå	56	181	3890

Ikke-akademiske databaser ble også benyttet for å innhente informasjon. Søkemotoren *Google* har blitt benyttet til å supplere litteratursøket med dagsaktuell informasjon eller litteratur som ikke nødvendigvis blir publisert i akademiske databaser. Ved funn av slike kilder er det nødvendig å vurdere om nettsiden som publiserer informasjonen er troverdig og pålitelig. Det er derfor hovedsakelig brukt nettsider som er knyttet til bransjen eller et selskap i bransjen.

For å finne relevant litteratur ble også «snowballing», også kalt «citation chaining», benyttet. Det er en metode som baserer seg på søk i litteratur bibliografier (Wohlin, 2014). «Backward snowballing» er en metode som går ut på å søke i referanselisten til en tekst for å identifisere ytterligere relevant litteratur. Slik kan litteratur som er bakover i tid identifiseres. «Forward snowballing» baserer seg på å finne litteratur som i senere tid har sitert den aktuelle kilden i sin litteratur. Slik kan nyere litteratur som tar for seg samme tema identifiseres. I dette studiet har litteratur som har blitt vurdert til å være sentral blitt brukt som utgangspunkt for disse metodene.

2.4.2 Evaluering av litteratur

For å vurdere litteraturen ble TONE-prinsippet benyttet. Dette prinsippet består av følgende (Universitetsbiblioteket, 2021):

- *Troverdighet*: Hvem er ansvarlig for artikkelen? Hva er forfatters utdanning og institusjonstilknytning? Hvor finner man litteraturen og er den fagfellevurdert?
- *Objektivitet*: Hvordan er dataene i artikkelen presentert? Er de i samsvar med tidligere forskning? Er hensikten å overtale eller informere? Er flere sider av saken belyst?
- *Nøytralitet*: Er forskningsmetodene godt forklart? Hvor nye og oppdaterte er dataene? Kan informasjonen bekreftes i flere kilder?
- *Egnethet*: Hvor godt passer artikkelen til mine behov? Er dataene relevante for oppgaven min og kan de kaste et nytt lys på problemstillingen? Hvem er artikkelen skrevet for?

Ved å benytte disse evalueringskriteriene blir kildene vurdert uniformt og det bidrar til å stadfeste at kildene er sikre. Det bidrar også til å begrense at subjektive meninger påvirker vurderingen av kildene. De akademiske databasene har også innebygde funksjoner som kan bidra til å sikre at kildene er troverdige. Ved at databasene opplyser om kildene er publisert av fagfellevurderte tidsskrifter, bidrar det til å styrke deres troverdighet og pålitelighet. Opplysninger som H-indeks og antall siteringer gir også en indikasjon på forskerens og litteraturens kvalitet.

2.4.3 Litteratur fra flere bransjer

Litteraturstudiet benyttes til å danne et teoretisk grunnlag i oppgaven og å svare på forskningsspørsmålene. Kilder til litteratur knyttet til byggebransjen vil være svært relevant, men litteratur som ikke nødvendigvis er knyttet til bransjen kan også være relevant. Litteratur om temaene endringsledelse og erfaringsoverføring ble det også gjort søk etter. Teori om disse temaene blir sett på som relevant i forbindelse med å ta i bruk ny teknologi i byggebransjen og er derfor skrevet om i kapitlene 3.9 *Endringsledelse* og

3.11 Overføring av kunnskap og erfaringer. Søk etter litteratur på temaene ble gjort på tilsvarende måte som søk etter litteratur i byggebransjen, ved hjelp av søk i de akademiske databasene.

2.4.4 Litteratur fra prosjektoppgave

Som beskrevet innledningsvis ble det gjennomført litteratursøk i forbindelse med skriving av prosjektoppgave. Temaet i prosjektoppgaven, *Bruk av digitale hjelpemidler på byggeplass* (Røvang, 2021), er tilsvarende og det er dermed hensiktsmessig å gjenbruke litteratur som er relevant for denne masteroppgaven. Litteraturen er benyttet i kapitlene 3.1 *Digitalisering*, 3.2 *BIM*, 3.3 *Digitale verktøy* og 3.7 *Det digitale veikartet*. Det vil derfor være noe gjenbruk av teori disse kapitlene. En forenklet søkerlogg fra prosjektoppgaven er vist i Vedlegg B.

2.5 Dybdeintervju

Ulike former for intervjuer er ifølge Tjora (2017) og Thagaard (2018) den mest utbredte metoden innenfor kvalitativ forskning for å generere data. Et forskningsintervju kan utformes på ulike måter og det skilles tradisjonelt sett mellom strukturert, delvis strukturert og ustrukturert (Thagaard, 2018). Ifølge Tjora (2017) er semistrukturerte intervjuer eller dybdeintervjuer populære.

Målet med dybdeintervjuer er en relativt fri samtale som kretser rundt temaer som er forhåndsbestemt av forskeren (Tjora, 2017). Det er meningen å få informanten til å reflektere rundt egne erfaringer og meninger tilknyttet det aktuelle temaet. Dybdeintervjuer benytter åpne spørsmål som tillater intervjuobjektene å gå i dybden der hvor de har mye å fortelle. Digresjoner tillates slik at informantene kan komme inn på temaer og momenter de ser på som viktige som moderatoren ikke hadde tenkt ut på forhånd.

2.5.1 Valg av intervjuobjekter

I kvalitative intervjustudier er det nødvendig å ta stilling til og diskutere hvem som skal intervjues og hvorfor de er valgt (Busch, 2013). Det er viktig å velge intervjuobjekter som av ulike grunner kan uttale seg om det aktuelle temaet, også kalt et strategisk utvalg, i motsetning til kvantitative studier der de velges tilfeldig for å representere en populasjon (Tjora, 2017).

Ved gjennomføring av intervjuer har man ikke kontroll på hva en person som ikke deltok i undersøkelsen kunne ha bidratt med av erfaringer og meninger (Tjora, 2017). Man kan derfor sitte igjen med en følelse av å ha mistet noen aspekter, om en gruppe informanter er vanskelig å rekruttere. Mange kvalitative studier er eksplorerende, og det er dermed hensiktsmessig med et relativt bredt tilfang av intervjuobjekter. Basert på dette og samtaler med veileder ble det besluttet at det er en fordel å finne intervjuobjekter som kan representere en større del av bransjen med sine erfaringer. Det ble tatt utgangspunkt i to ulike grupper som skal intervjues, byggebransjen og oljebransjen, der det er hensiktsmessig med et flertall fra byggebransjen. Det ble gjort 14 intervjuer, der ti var fra byggebransjen og fire fra oljebransjen, som vist i Tabell 3.

Tabell 3: Oversikt over intervjuobjektene

Intervjuobjekt	Aktør	Stilling	Stillingsinnhold
Bygg 1	Prosjektering	Spesialist digital samhandling	Leder for et digitalt team (inkl. BIM, GIS, metode og verktøy)
Bygg 2	Entreprenør Bygg	Entrepriseleder og BIM ansvarlig	Fremdrift- og HMS-oppfølgning, BIM-ansvarlig, BREEAM- og

			miljøkoordinator (avfallshåndtering m.m.)
Bygg 3	Entreprenør Bygg	Prosjektleder	Kalkulasjon av bygg, oppfølging av konstruksjon til ferdigstillelse, innkjøp, mengdeberegning osv.
Bygg 4	Entreprenør Anlegg (vei og tunnel)	Prosjektingeniør	Dokumentasjon av utført arbeid (sjekklister og dokumentasjon til byggherre osv.)
Bygg 5	Entreprenør Anlegg (vei og tunnel)	Prosjekteringsleder og BIM koordinator	Styrer detaljprosjektering av arbeid, BIM- koordinator på prosjektet
Bygg 6	Byggherre	Byggeleder (konsulent)	Oppfølging på byggeplass (fremdrift, kvalitet og økonomi), koordinering mellom rådgivende og utførende
Bygg 7	Entreprenør Bygg	Sjefsrådgiver digital	Ansvarlig for FoU prosjekter (ny teknologi) og digitale porteføljeutvikling
Bygg 8	Entreprenør Bygg	Prosjektleder på byggeplass	Leder og ansvarlig på byggeprosjektet i sin helhet, særlig økonomi
Bygg 9	Entreprenør Bygg	Avdelingsleder BIM og VDC	Leder avdeling for BIM og VDC med ansvar på en del byggeprosjekter (koordinere modell og kontroll på kvalitet osv.)
Bygg 10	Entreprenør Anlegg (jernbane)	Faglig leder digitalisering	Overordnet nivå for divisjonene på tvers (utbygging, baneteknikk, produkt og utvikling, og maskin), implementering av metode og verktøy, effektivisering av produksjonslinje (byggeprosesser)
Olje 1	Leverandør (byggeplass)	Formann/ -arbeidsleder plate og sveis, platearbeider	Klargjøre og tilrettelegge for arbeiderne
Olje 2	Byggherre	Ferdigstillelles- og oppstartsleder (nylig byggeleder på et prosjekt)	Oppstart av systemer offshore (tester), HMS- ansvarlig, oppfølging av kontraktselementer
Olje 3	Byggherre	Prosjektleder	Leder bygging av skipsskrog og topside
Olje 4	Byggherre	Instrumenteringsingeniør	Kontroll/instrument system (SAS) ingeniør for et prosjekt

Intervjuobjekter fra byggebransjen ble valgt etter samtaler med veileder og funnet gjennom kontakter i bransjen. Det ble besluttet at det var hensiktsmessig å finne en variert gruppe informanter som jobber innenfor ulike disipliner. Det er da mulig å få erfaringer og meninger fra ulike fagområder for å få et riktig bilde av bransjen. Det er

også interessant å se om forskjellige deler av bransjen oppfatter situasjonen ulikt. Noen intervjuobjekter jobber med infrastruktur og andre med bygging av leilighets- eller næringsbygg. Intervjuobjektene har også forskjellige fagområder som digitalisering, BIM, prosjektering og prosjektledelse. Det er variasjon i selskapene de arbeider i som store, små, private og offentlige bedrifter. Disse variasjonene er med på å belyse problemstillingen og forskningsspørsmålene fra forskjellige vinkler.

Intervjuobjekter fra oljebransjen ble også funnet gjennom kontakter i bransjen. Det ble besluttet at det var mest hensiktsmessig med intervjuobjekter som jobber opp mot produksjon av diverse installasjoner. Det er begrunnet med at erfaringene de kan komme med skal være mest mulig overførbare til produksjonen i byggebransjen. Det ble antatt at en informant som arbeider med for eksempel boring og leting etter olje og gass, har erfaringer som er mindre relevante enn de som jobber opp mot for eksempel verft og produksjon av plattformer og lignende.

2.5.2 Intervjuguide

Intervjuguiden for dybdeintervjuene har tatt utgangspunkt i Tjora (2017) sin tredelte oppdeling med oppvarming, refleksjon og avrundning. Guiden er utarbeidet i samarbeid med veileder, der det ble besluttet å stille relativt like spørsmål til byggebransjen og oljebransjen. Enkelte forskjeller var nødvendig og derfor ble det utarbeidet to intervjuguider. Guiden for byggebransjen er vist i Vedlegg C, og Vedlegg D er guiden for oljebransjen. Begge er i stor utstrekning bygget opp etter forskningsspørsmålene. Intervjuguidene er generelle og enkelte spesialtilpasninger ble gjort til hvert enkelt objekt avhengig av deres stilling og kompetanseområde.

Oppvarmingen skal danne en naturlig begynnelse på intervjuet og består ofte av enkle og konkrete spørsmål (Tjora, 2017). Det er en relativt uformell fase med spørsmål som krever lite refleksjon og kan bidra til å plassere intervjuobjektet i relasjon til temaet. Fasen kan også bidra til å skape en trygghet hos informanten og danne en mer avslappet situasjon for å få gode refleksjoner senere i intervjuet.

Den neste fasen danner kjernen i intervjuet og består av refleksjonsspørsmål (Tjora, 2017). Spørsmålene er åpne og legger til rette for at informanten kan snakke fritt og mer utfyllende om sine erfaringer og meninger om temaet. Refleksjonsspørsmålene er lagt opp etter temaet i forskningsspørsmålene. Det er utarbeidet oppfølgingsspørsmål for å fange opp viktige temaer og videreføre samtalen, om intervjuobjektet svarer for kort. Oppfølgingsspørsmålene skal også oppmuntre informanten til å gå i detaljnivå på viktige temaer og bidra til å fange opp utfordringer og usikkerheter. Det er antatt at en del slike oppfølgingsspørsmål blir formulert underveis i intervjuet, fordi intervjuobjektet tar opp et tema som krever videre utdypning.

Til slutt avrundes intervjuet med spørsmål som stiller mindre krav til refleksjon og normaliserer situasjonen (Tjora, 2017). I denne intervjuguiden er det valgt å stille et spørsmål der informanten har mulighet til å svare kort eller å utdype mer, som å legge til informasjon som ikke har blitt tatt opp eller understreke et viktig poeng fra tidligere spørsmål. Videre blir intervjuobjektet takket for sin innsats og informert om hvordan forskningsprosjektet håndteres videre og hvordan dataene brukes.

2.5.3 Utførelse

Det ble brukt varierende metoder ved gjennomføring av dybdeintervjuene. Tre intervjuer ble gjennomført fysisk, fire intervjuer ble gjennomført over video på kommunikasjonsplattformen *Microsoft Teams* og de resterende syv intervjuene ble gjennomført over telefon. Grunnet geografiske avstander mellom informanter og intervjuer var det flere ganger mest egnet å gjennomføre intervjuet digitalt. Fra et tidsperspektiv krevde det mindre planlegging og var nødvendig når det ble gjennomført flere intervjuer på en dag. Det ble satt av 30 minutter til én time til intervjuet, avhengig

av tiden informanten hadde tilgjengelig. Gjennomsnittlig varte intervjuene rundt 45 minutter.

Innledningsvis i intervjuet ble studiens problemstilling, forskningsspørsmål og bakgrunnen for oppgaven presentert for intervjuobjektene. Slik kan informantene bedre forstå hva intervjueren er interessert i å vite (Busch, 2013). Videre er det også viktig å informere om at det blir gjort opptak som kun er tilgjengelig til informantens bruk, for å kunne notere detaljert, nøyaktig og riktig informasjon etter intervjuet. Notering under intervjuet tar bort intervjuerens fokus fra intervjuet og viktig informasjon kan bli glemt.

2.5.4 Etterarbeid

Etter gjennomført intervju ble lydopptaket benyttet til å utarbeide et sammendrag. Grunnet tidsbesparelser blir ikke intervjuene fullstendig transkribert, som er anbefalt av Tjora (2017). Videre blir den mest relevante informasjonen benyttet i oppgaven. Et viktig etisk krav ved gjennomføringen av intervjuer, som blir videre utdypet i kapittel 2.8.3 *Etikk*, er at informantene ikke skal komme til skade. Dermed anonymiseres resultatene fra intervjuene, slik at intervjuobjektene kun skildres ved karakteristika som aktør, stilling og stillingsinnhold. Ved sitater eller utsagn merkes det med pseudonymer. Det gjør det vanskeligere å gjenkjenne informantene, men anonymitet kan likevel ikke garanteres.

2.6 Dokumentstudier

Dokumentstudier er en metode for kvalitativ datagenerering, som hovedsakelig går ut på å studere allerede eksisterende dokumenter som er produsert for et annet formål enn forskning (Tjora, 2017). I denne oppgaven benyttes det som tilleggsdata utover den informasjonen innhentet ved hjelp av litteraturstudie og dybdeintervjuer. To dokumenter som kartlegger erfaringer ved bruk av digitale løsninger og hjelpemidler blir studert. Dokumentene ble sendt på e-post fra intervjuobjekter. Det er antatt at det ikke er ønsket at informasjonen i dokumentene skal publiseres og de er derfor ikke vedlagt i oppgaven.

2.7 Dataanalyse

Når dataen er samlet inn må den analyseres og man finner flere forskjellige måter å gjøre dette på (Busch, 2013). For å analysere dataen som er hentet inn ved hjelp av intervjuene gjøres det bruk av temaanalyse, som er beskrevet av Thagaard (2018). Temaanalyse går ut på å analysere og sammenligne data om hvert enkelt tema fra intervjuobjektene. Formålet er å gå i dybden på hvert tema slik at det kan utvikles en dypere forståelse.

Til å begynne med i analysen sammenfattes det en tekst med relevant informasjon fra hvert enkelt intervju. Informasjonen klassifiseres i ulike kategorier som et utgangspunkt for å analysere og forstå de enkelte temaene (Thagaard, 2018). De ulike kategoriene er i utgangspunktet delt inn etter forskningsspørsmålene og videre delt inn i underkategorier etter viktige temaer. Kategoriseringen er et viktig hjelpemiddel for å se mønstre i dataene som er samlet inn. Dataene fra de kvalitative dybdeintervjuene er noe fragmentert og oppsplittet, fordi spørsmålene er relativt åpne og lar informantene snakke fritt. Busch (2013) påpeker at kategorisering er en fornuftig måte å arbeide med slik data.

Et viktig poeng ved temaanalyse er å utføre sammenligninger mellom de ulike deltagerne (Thagaard, 2018). Dette gir et godt grunnlag for å fremheve likheter og ulikheter. Da er det viktig å ha data fra alle deltagerne om det samme temaet. Dette kan være utfordrende fordi informantene ikke nødvendigvis tar opp alle de samme temaene. Det kan også komme opp temaer under intervjuene som ikke nødvendigvis faller inn under en kategori. Det har derfor vært fokus på å få med all relevant informasjon og sammenligne temaene opp mot hverandre så langt det lar seg gjøre. En annen utfordring ved temaanalyse er at data fra intervjuene som analyseres i kategorier kan bli løsrevet fra den konteksten det ble presentert i. Utsnitt av tekstene fra de ulike deltagerne

sammenlignes og de er da løsrevet fra sin opprinnelige sammenheng. En måte å motvirke dette på er å utvikle et helhetlig perspektiv ved å knytte utsnittene av teksten opp mot den sammenhengen de var skrevet i. Dette kan gjøres ved å vurdere de enkelte utsagnene opp mot deres respektive intervju i sin helhet. Slik er det mindre sannsynlig at intervjuobjektene sine refleksjoner blir feiltolket. Intervjuguiden forsøker å få frem informasjon innenfor like temaer i samme kontekst for å minimere disse utfordringene.

Grupperingen av dataene fra intervjuene ble først delt i to puljer. Disse er byggebransjen og oljebransjen. For byggebransjen ble dataene innledningsvis delt inn i overordnede kategorier basert på forskningsspørsmålene. Videre ble det forsøkt å dra ut essensen av dataene og finne fellesnevnerne. Disse fellesnevnerne ble kategoriene (eller temaene) som resultatet er delt inn i, som for eksempel «For mange ulike og spesialtilpassede digitale løsninger» under kapittel 4.2.1 *Utfordringer* og «Redusere og konsolidere programmene/systemene» under kapittel 4.2.2 *Muligheter*. Det viste seg i denne prosessen at mulighetene ofte var motstykke til utfordringene. Fordi det i dybdeintervjuet stilles relativt åpne spørsmål tar ikke intervjuobjektene opp alle de samme temaene, men til gjengjeld blir det identifisert flere relevante kategorier. Videre benyttes samme analysemetode på dataene fra oljebransjen, som skal benyttes til inspirasjon og sammenligning med byggebransjen. Siden det er færre intervjuobjekter og de ikke tar opp nøyaktig de samme temaene som byggebransjen blir ikke dataene delt inn med samme struktur i resultatkapittelet, men de analyseres på samme måte ved å trekke frem fellesnevnerne.

Inndeling i kategorier og underkategorier i teorikapittelet, med litteratur fra litteraturstudiet, deles hovedsakelig inn etter temaene det gjøres søk etter. Innledningsvis ble det identifisert temaer som måtte undersøkes i sammenheng med intervjuene og for å danne et teoretisk grunnlag for oppgaven. Det ble også identifisert temaer ut fra forskningsspørsmålene som status på digitalisering i bransjen. Videre ble det identifisert ytterligere temaer etter gjennomføring av intervjuer, for å danne et teoretisk grunnlag eller diskutere opp mot resultatet. Det er temaer som implementering og adopsjon av teknologi, menneskelige utfordringer ved ny teknologi, endringsledelse og erfaringsoverføring.

2.8 Metodekvalitet

2.8.1 Kvalitetskriterier

Valgene av metode påvirker oppgavens kvalitet og derfor må metodekvalitet diskuteres for å si noe om hvor mye vi kan stole på resultatet (Busch, 2013). Som kvalitetskriterier foreslår Busch (2013) og Tjora (2017) å bruke pålitelighet (reliabilitet), gyldighet (validitet) og generalisering eller generaliserbarhet.

Pålitelighet er knyttet til kvaliteten på det vi måler (Busch, 2013). Hvor godt måler vi det vi måler, altså om en kan stole på de kartlagte dataene. Tjora (2017) hevder at pålitelighet handler om intern logikk eller sammenheng gjennom hele forskningsprosjektet. Han trekker frem forskerens posisjon og engasjement i temaet som det forskes på som et viktig poeng. Dette kan betraktes som støy og påvirke resultatet, samtidig er fullstendig nøytralitet ikke mulig. Det er viktig å ha forkunnskaper ved gjennomføring av studier. Derfor er det viktig at forskeren redegjør for eget engasjement og forkunnskaper, samt diskuterer hvordan dette kan påvirke resultatet. Med andre ord går pålitelighet ut på om andre forskere ville kommet frem til tilsvarende resultater ved gjennomføring av det samme forskningsprosjektet. For å styrke oppgavens pålitelighet burde det redegjøres for hvordan intervjuobjektene og sitater fra intervjuene er valgt ut.

Tjora (2017) knytter *gyldighet* til spørsmålet om hvorvidt de svarene vi finner i vår forskning, faktisk svarer på de spørsmålene som stilles i problemstillingen og forskningsspørsmålene. Gyldigheten til en studie kan styrkes ved å diskutere hvordan vi praktiserer forskningen ut fra de spørsmålene vi stiller og hvordan disse spørsmålene

formes, med utgangspunkt i tema som vil undersøkes og teoretisk grunnlag om relevant forskning. Det burde redegjøres for valg som tas ved datagenereringsmetoden og analyser.

Tjora (2017) knytter *generaliserbarhet* til forskningens relevans utover de enheter som faktisk er undersøkt. Han deler generalisering inn i de tre formene naturalistisk, moderat og konseptuell generalisering. Naturalistisk generalisering går ut på at forskeren i rapporteringen beskriver detaljene ved det som er studert godt nok til at leseren selv kan vurdere funnenes gyldighet. Dette stiller krav til at forskeren må beskrive case og kontekst langt mere detaljert enn det som er vanlig i tradisjonell vitenskapelig artikkel. Ved moderat generalisering er det opp til forskeren å selv beskrive i hvilke situasjoner, som tider, steder og kontekster, resultatene vil være gyldig. Konseptuell generalisering går ut på at man ved kvalitativ forskning kan utvikle konsepter, typologier eller teorier som vil være relevante for andre tilfeller en det som er studert.

2.8.2 Evaluering av metode

De tre datainnsamlingsmetodene litteraturstudie, dybdeintervju og dokumentstudier evalueres under i hver sin respektive tabell. De evalueres ved sine styrker og svakheter delvis innenfor kvalitetskrakteriene fra kapittel 2.8.1 *Kvalitetskrakterier*. Dette vises i Tabellene 4, 5 og 6.

Tabell 4: Evaluering av litteraturstudie

Litteraturstudie	
Styrker	Svakheter
Bredt søk i flere databaser, samt bibliografier minker sjansene for å utelukke litteratur.	Valg av søkeord og utvalgelse av litteratur kan være påvirket subjektivt av forskeren. Det svekker påliteligheten og relevant litteratur kan utelukkes.
God dokumentering av søk med søkeord bidrar til at andre lett kan gjøre de samme søkene i samme database. Det gir høyere pålitelighet.	Kan være utfordrende å finne litteratur som svare på eller bygger opp under svar på enkelte forskningsspørsmål. Det gir lavere gyldighet.
Stort utvalg av faglitteratur til å danne kunnskap som gir teoretisk bakgrunn og perspektiv.	Stort utvalg av litteratur gjør det tidskrevende å finne relevant informasjon.
Uavhengig av informanter.	Avhengig av allerede eksisterende litteratur.
Bruk av fagfelleverdert litteratur gir høyere pålitelighet.	Utfordrende å få en egen vinkling utelukkende fra litteratur

Som beskrevet i Tabell 4 kan en litteraturstudie være relativt pålitelig. Den kan styrkes ved å dokumentere søk godt, som bidrar til at andre enkelt kan gjennomføre de samme søkene og finne den benyttede litteraturen. Ved å benytte publisert og fagfelleverdert litteratur styrkes påliteligheten ytterligere. Som beskrevet av Tjora (2017) kan forskerens posisjon og forkunnskaper påvirke oppgavens pålitelighet negativt. I litteraturstudiet kan dette skje ved at valg av litteratur påvirkes basert på forskerens subjektive meninger. Likevel er disse forkunnskapene om temaet viktig for å velg søkeord og fraser for å identifisere litteraturen. Litteraturstudie er en tidskrevende metode for å samle inn data, og avhengighet til allerede eksisterende litteratur er utfordrende. Spesielt om man er ute etter litteratur som tar for seg noe spesifikt kan det være krevende å identifisere troverdige kilder på temaet.

Tabell 5: Evaluering av dybdeintervju

Dybdeintervju	
Styrker	Svakheter
Intervjuguiden kan utarbeides på bakgrunn av problemstilling og forskningsspørsmål. Det gjør at informantene svarer på spørsmål som er relevant og noe som gir høy gyldighet.	Synspunktene til intervjuobjektene er subjektive, noe som påvirker deres pålitelighet (Tjora, 2017).
Kan kartlegge informantenes erfaringer, synspunkter og motivasjon (Tjora, 2017).	Er avhengig av velformulerte spørsmål i intervjuguiden for å opprettholde gyldigheten.
Mulig å gå i dybden og fange opp interessante temaer, som ikke nødvendigvis er planlagt på forhånd, med oppfølgingsspørsmål.	Ved intervju over telefonen mister man muligheten til å bruke og tolke kroppsspråk (Tjora, 2017).
Nyttig å gå i dybden på tanker, erfaringer og meninger. Det belyser problemstillingen på en annen måte enn litteraturstudie og dokumentstudier.	Genererer store mengder med data, utfordrende å analysere alt med likt detaljnivå. Det påvirker studiens pålitelighet.
Kan innhente informasjon som ikke nødvendigvis er skrevet om i litteratur fra før av (Tjora, 2017).	Tidskrevende med utvikling av intervjuguide, gjennomføring av intervjuer, transkribering og datanalyse.

Som beskrevet i Tabell 5 gjør dybdeintervju det mulig å innhente informasjon som ikke nødvendigvis kan innhentes ved hjelp av en litteraturstudie. Det er i stor grad avhengig av velutformede spørsmål i intervjuguiden, men dette gjør det mulig å innhente informasjon som er svært gyldig for oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål. Dybdeintervjuets pålitelighet påvirkes både av forskeren og intervjuobjektene. Forskerens posisjon påvirker både utformingen av intervjuguiden og utvelgelse av data. Intervjuobjektene bidrar med sine erfaringer og meninger som er subjektive. Det er en ulempe å gjennomføre intervjuer over telefon da en mister muligheten til å tolke og benytte kroppsspråk. Ved gjennomføringene av telefonintervju ble det i svært liten grad observert at intervjuobjektene gjorde andre ting som tok bort fokus mens de ble intervjuet, som er positivt.

Tabell 6: Evaluering av dokumentstudier

Dokumentstudier	
Styrker	Svakheter
Bidrar til tilleggsdata utover det fra øvrige datainnsamlingsmetoder (Tjora, 2017).	Dokumentene er spesifikke for selskapet de er produsert for og ikke nødvendigvis generaliserbare.
Kan gi casespesifikk informasjon (Tjora, 2017).	Har ikke nødvendigvis tilgang til de dokumentene man ønsker.
Ikke-påtrengende-metode for deltagerne (Tjora, 2017).	Informasjonen i dokumentene er ikke nødvendigvis kontrollert og kan være subjektiv, som svekker påliteligheten.
Dokumentene i denne analysen var oversiktlige og ikke tidskrevende.	

Dokumentstudier bidrar til tilleggsdata utover det som ble innhentet ved litteraturstudie og dybdeintervju, som beskrevet i Tabell 6. I denne oppgaven ble dokumentene tilsendt via e-post og er spesifikke for selskapene som de ble produsert for. Dette gjør at de ikke nødvendigvis er så generaliserbare. Det er også usikkert om informasjonen i dem er kontrollert, noe som kan påvirke deres pålitelighet. Dokumentene som ble gjennomgått

delte erfaringer, fordeler og utfordringer ved bruk av enkelte systemer og hjelpemidler, noe som er gyldig for oppgavens forskningsspørsmål.

2.8.3 Etikk

Ved bruk av intervjuer og lydopptak er det nødvendig å ta stilling til personvern (Tjora, 2017). Informantene i undersøkelsen skal ikke komme til skade og det er dermed viktig å informere om og få tillatelse til å ta lydopptak, samt informere om hva det blir brukt til. I henhold til personvernforordningen (GDPR) har enkeltpersoner rett til innflytelse på bruk og spredning av personopplysninger om seg selv (Regjeringen, 2018; Datatilsynet, 2019). Grunnet dette noteres ikke personlige opplysninger, som unngår at de havner på avveie. Videre anonymiseres intervjuobjektene for å være sikker på at de føler seg trygge (Tjora, 2017). En form for sitatsjekk benyttes også ved at informantene blir sendt en ferdig anonymisert versjon av kapittel 4 *Resultat*. De får beskjed om sin identitetsindikator og får muligheten til å godta eller komme med endringer i sin informasjon, som sitater eller refleksjoner. Lydopptakene fra intervjuene vil kun benyttes og være tilgjengelig for forsker og etter levert oppgave vil de slettes.

3 Teori

I dette teorikapitlet skildres resultatene fra litteraturstudien som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven. I tillegg inkluderes litteratur fra tidligere utført prosjektoppgave, som forklart i kapittel 2.4 *Litteraturstudie*. Dette gir et grunnlag for å ta stilling til forskningsspørsmålene og diskutere resultatene fra empirien (Busch, 2013). Den valgte teorien gir et fundament for å evaluere hvordan byggebransjen kan utnytte digitalisering bedre på byggeplass, samt identifisere hva som er situasjonen i dag. Det er forsøkt tatt utgangspunkt i et bredt teorigrunnlag koblet opp mot digitalisering under produksjon på byggeplass, fordi problemstilling skal evne å åpne opp for videreutvikling og nye prosess- og produktinnovasjoner.

3.1 Digitalisering

Digitalisering som begrep kom allerede på midten av 1900-tallet, i sammenhengen med utviklingen av de første elektroniske datamaskinene (Dvergsdal, 2021). Det refererte til omgjøring av analog informasjon til diskrete tallstørrelser slik at de nye maskinene kunne behandle informasjonen. Siden den gangen har teknologien hatt stor utvikling og terminologien har fått en videre betydning. Regjeringen (2014) definerer digitalisering som bruk av ny teknologi til å fornye, forenkle og forbedre. Med andre ord å tilby nye digitale tjenester, som er enkle å bruke, effektive og pålitelige. Begrepet er forholdsvis bredt og omfavner overgangen fra papirbaserte og analoge løsninger til digitale og elektroniske. Det rommer også oppretting av IT-systemer, som opprettholder rutiner som kan utføres manuelt eller automatiseres for enda større besparelser.

3.1.1 Status på digitalisering i bransjen

De siste tiårene har teknologien utviklet seg eksponensielt, og digitalisering viser seg å være en avgjørende faktor i vår tid (Gebretekle *et al.*, 2022; Stoyanova, 2020). Digitalisering som et fagfelt i byggebransjen uttrykkes å være i en tidligfase, på tross av fremskritt innen innovasjon. Selv om det er mange muligheter innen digital teknologi har bransjen vært treige til å adoptere og integrere teknologien. McKinsey Global Institute gjennomførte i 2016 en undersøkelse av status på digitalisering i 22 sektorer i USA (Gandhi *et al.*, 2016). Byggebransjen ble vurdert som en av de dårligst digitaliserte sektorene i form av digitale ressurser, bruk og arbeidsstokkens engasjement - kun bedre enn landbruk og jakt. Til sammenligning ble oljebransjen nummer syv. Det ble identifisert svært store forskjeller på de beste og de dårligste, der de dårligste ble uttrykt å ligge bak i samtlige kategorier, som blant annet investering i digitalisering generelt og spesifikt for arbeidere, samt digitalisering av arbeid. Sezer *et al.* (2021) påpeker at en svakhet med slike undersøkelser i forhold til byggebransjen er at de fokuserer på hele bransjer og selskaper. Byggebransjen er i større grad prosjektbasert, og derfor mangler det undersøkelser på prosjektnivå, for å identifisere problemene og gi et bedre bilde. Stoyanova (2020) uttrykker at utviklingen går sakte, men den går i riktig retning. Korrelerende faktorer som at digital teknologi blir billigere og mer effektiv, kundeforventninger om mer fokus på bruk enn selve produktene, og nye generasjoner med digitalt kompetente arbeidere er med på å påvirke i riktig retning.

3.1.2 Status i den norske byggebransjen

Cisco Global Digital Readiness Index 2019 er en rapport som rangerer et lands evne til å ta i bruk ny teknologi (Cisco, 2019). Norge er rangert i den høyeste kategorien med 17,98 av 25. Verdens gjennomsnitt ligger på 11,90 og verdens ledende nasjon Singapore har 20,26. I den oppdaterte versjonen fra 2021 plasseres land på en skala fra -2,5 til +2,5 (Cisco, 2021). Norge er i den høyeste kategorien som nummer 13 med +1,54, og verdens ledende nasjon er fortsatt Singapore med +2,37.

Selv om Norge generelt rangeres ganske høyt betyr ikke det at den norske byggebransjen er noe skinnende eksempel på digitalisering og innovasjon. Under Norconsult sin samfunnskonferanse i 2018 sammenlignet Kimberly Lein-Mathisen, daværende general manager (administrerende direktør) i Microsoft Norge, den norske byggebransjen opp mot andre bransjer (Engeseth, 2018). Hun påstod at byggebransjen er dårligst av alle bransjer i Norge når det gjelder digitalisering og effektivitet. I en undersøkelse Microsoft Norge gjennomførte med totalt 29 bedrifter, hevder kun 14 bedrifter at de har startet digitaliseringsarbeidet og kun syv av dem sier at de har fått resultater. Kun tre av bedriftene med i undersøkelsen er fullt ut digitaliserte. Data fra Statistisk sentralbyrå (2021), vist i Tabell 7, underbygger dette. Bygge- og anleggsvirksomheten er under landets gjennomsnitt i samtlige kategorier når det gjelder innovasjon. I tabellen er det plukket ut noen næringer fra statistikken, som er antatt som sammenlignbare med byggebransjen.

Tabell 7: Innovasjonsaktivitet i norsk næringsliv oppgitt i prosent (SSB, 2021)

Innovasjonstype etter detaljert næring								
2018-2020								
Prosent av alle foretak								
	Innovasjons-aktivitet	Produkt- eller forretnings-prosess innovasjon	Både produkt og forretnings-prosess innovasjon	Produkt-innovasjon	Produkt-innovasjon (varer)	Produkt-innovasjon (tjenester)	Prosess-innovasjon	Forretningsprosess - innovasjon
Alle næringer	63	58	28	38	28	25	45	48
Bygge- og anleggs-virksomhet	46	43	9	14	7	10	35	38
Arkitekter og tekniske konsulenter	66	63	34	47	32	35	47	49
Petroleums-, kullvare og kjemisk industri	76	62	38	57	54	19	40	43

I forbindelse med det digitale veikartet, som presenteres i kapittel 3.7 *Det digitale veikartet*, ble det kartlagt situasjonen i bransjen (Byggenæringens landsforening, 2017a). Det er trukket frem en rekke punkter der noen av de antatt viktigste blir gjengitt her:

- Når det gjelder digitalisering har spydspissen i byggebransjen kommet langt og enkeltprosjekter kan være i verdenstoppen på bruk av BIM og digitale løsninger
- Næringen digitaliserer hver for seg
- Det er «ildsjeler» som driver digitaliseringen fremover
- Den digitale kompetansen i næringen er for lav, som fører til at morgendagens problemer ofte blir forsøkt løst med gårsdagens teknologi
- Sømløs informasjonsutveksling er svært viktig i næringen. Likevel oppleves det som nesten urealistisk å få til gode koblinger mellom ulike programmer for å kunne utveksle informasjonen sømløst. Det oppleves at leverandører av programvare ikke forstår viktigheten av dette for sine kunder
- Det er også ønsket en felles plattform som gjør at mange ulike programmer kan snakke sammen, som er noe mer enn et prosjekthotell
- Det er identifisert et behov for små piloter eller sandkasser der problemeiere kan få hjelp av eksperter til å adressere informasjonsutvekslingsproblemer eller utnytte eksisterende programløsninger
- Det er utfordrende å rekruttere programutviklere, gründere og digitalt kompetente fagarbeidere til næringen.

3.2 BIM

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er et velkjent begrep innen BAE-næringen. Davies og Harty (2012) beskriver BIM som en måte å representere og analysere bygningens design som tredimensjonale sammenstillinger av objekter med flere dataegenskaper.

BIM har blant annet nyttige egenskaper som 3D-representasjon, bidrar til lettere eller automatisk kollisjonskontroll og kan brukes til mengdeberegninger eller kontroll. 3D-modellen gir bedre kommunikasjon og samhandling mellom fag og aktører i byggeprosjektet. Bruken av BIM i byggeprosjekter bidrar til å redusere tid og feil gjort, og dermed reduserer det også kostnader. BIM-modellen kan også benyttes videre i byggets levetid til drift og vedlikehold (Eastman, 2011; BuildingSMART, 2019; Linge, u.å.).

Industry Foundation Classes (IFC) er en standard for åpen BIM datautveksling (Baldwin, u.å.a). Det benyttes i utgangspunktet tilsvarende som en PDF-fil av BIM, altså som en kopi av det originale innholdet. Det kan blant annet navigeres i, måles, brukes til kollisjonskontroll og kostnadsestimat.

BIM Collaboration Format (BCF) er en standard som eksisterer for å følge opp problemer i en BIM prosess etter hvert som de identifiseres, rapporteres og løses (Baldwin, u.å.b). Siden IFC ikke er ment for å gjøre endringer, men blant annet oppdage feil, kan disse rapporteres og ved hjelp av BCF følges opp. Den som skal løse problemet vil få beskjed om nøyaktig hvor i modellen problemet ligger, istedenfor å bli tilsendt et skjermbilde, og dermed lettere og raskere kunne løse det.

3.3 Digitale verktøy

3.3.1 BIM-kiosker

Hewage og Ruwanpura (2006) gjennomførte i 2003 et forskningsprosjekt i Canada. Det indikerte at fagarbeidere ønsket å ha muligheten til å se 3D tegninger og modeller av bygget, teknisk informasjon og sikkerhetsinformasjon på byggeplassen.

En BIM-kiosk er en PC med en stor skjerm på byggeplassen. Hensikten er at fagarbeidere skal ha tilgang til 3D-modeller og tegninger av bygningen, samt tilgang til oppdatert informasjon og spesifikasjoner relatert til bygget (Murvold *et al.*, 2016; Bråthen og Moum, 2016). Dette bidrar til visualisering av det som skal produseres og bedre kommunikasjon mellom aktørene i prosjektet og på byggeplassen.

Murvold *et al.* (2016) forsøkte, gjennom spørreundersøkelser av 50 arbeidere på byggeplass og intervjuer, å kartlegge erfaringer fra bruk av BIM-kiosker og komme med forslag til forbedringer. Gjennom studien fant de ut at BIM-kioskene ble brukt mindre enn ønsket. 79% av elektrikere og rørleggere sa de hadde brukt kioskene, mens bare 12,5% av snekkere sa de hadde hatt bruk for dem. Studiet viser at mangel på opplæring er en viktig årsak til den begrensede bruken, fordi det ikke hadde blitt prioritert ressurser til dette. De erfarte at arbeidere måtte gå til kontoret for å få noen til å vise dem ting på BIM-modellen. Snekkerne mente også at papirtegninger var bedre egnet til deres bruk grunnet høyere detaljnivå. Studien kommer frem til at BIM-modellen var mindre detaljert på punkter som blant annet isolasjon i veggene for å spare tid og datakapasitet (Murvold *et al.*, 2016).

Murvold *et al.* (2016) kommer frem til at det mest nyttige med BIM-kioskene var å kunne visualisere oppgaver som skal gjøres, og å ha alle dokumenter og tegninger tilgjengelige og i nærheten. Det påpekes også at de hadde en positiv effekt på kommunikasjon, spesielt på kommunikasjonsproblemer skapt av språkbarrierer. Da var visualiseringen og

tegningene nyttige. De kom frem til at den absolutt viktigste faktoren for å få større utbytte av BIM-kioskene var bedre opplæring.

Bråthen og Moum (2016) gjennomførte en lignende studie gjennom case-studie av et pågående byggeprosjekt. De kom frem til at kioskene var fordelaktige for produksjonen. Det viste seg at BIM-kioskene fungerte godt som et møtepunkt for felles problemløsning. Dette førte til bedre kommunikasjon og samarbeid på tvers av fagene. Kioskene førte også til tidsbesparelser og bedre kvalitet. Studiet viste at det var nyttig å ha umiddelbar tilgang til kontinuerlig oppdatert produksjonsgrunnlag. I likhet med den andre studien identifiserte de at tilstrekkelig opplæring var en viktig faktor.

Tabell 8 viser en oppsummering av fordeler og ulemper funnet ved bruk av BIM-kiosker i studiene.

Tabell 8: Fordeler og ulemper med BIM-kiosker

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> • Visualisere arbeidsoppgaver • Bedre kommunikasjon • Møtepunkt for felles problemløsning på tvers av fag • Kontinuerlig oppdatert produksjonsgrunnlag, førte også til tidsbesparelse 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidskrevende opplæring • Krever høyt detaljnivå • Stiller høye krav til brukervennlighet

3.3.2 Håndholdte enheter

Teknologien har kommet langt når det gjelder nettbrett/ipad. Det har gjort det mulig å bruke nettbrett til å kjøre BIM-baserte applikasjoner på byggeplassen (Davies og Harty, 2013; Harstad *et al.*, 2015). Ifølge Davies og Harty ble nettbrett først presentert på en konferanse i London i 2008 og siden anskaffet til bruk på et sykehusprosjekt i 2009. Siden det har det blitt mer vanlig å bruke nettbrett i byggeprosjekter. De gjør det mulig å se tegninger og spesifikasjoner på stedet konstruksjonen skal bygges, samt gjør det lettere å gjøre inspeksjoner og kvalitetskontroll.

På byggeplass brukes digitale håndholdte enheter i utgangspunktet mest av folk med lederansvar til å innhente informasjon til møter og ute under produksjon (Svalestuen *et al.*, 2017; Harstad *et al.*, 2015). Studiene påpeker følgende bruksområder for håndholdte enheter:

- Tilgang til tegninger, dokumenter og BIM-modeller over alt
- Delegering og monitorering av arbeidsoppgaver og ansvar
- Måling og monitorering av fremdrift
- Kan gjøre dokumenteringsarbeid på byggeplassen
- Kan gjøre kvalitetskontroll og sikkerhetsinspeksjoner
- Får direkte målinger fra arbeidstegninger og BIM på byggeplass
- Kommunikasjon og forespørsel av informasjon mellom prosjekterende og produksjon
- Kan ha direkte videokommunikasjon.

Harstad *et al.* (2015) og Svalestuen *et al.* (2017) påpeker flere positive sider ved bruk av de håndholdte enhetene, men det er også utfordringer knyttet til bruken. Dette er vist i Tabell 9.

Tabell 9: Fordeler og utfordringer ved bruk av digitale håndholdte enheter

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> • Lett tilgjengelig informasjon • Reduserer feil som kommer av bruk av gamle tegninger • Kutter ned på bruk av papir som er bra for miljøet • Lette å ta med seg rundt • Reduserer tid brukt på å monitorere oppgaver • Skaper økt forståelse, spesielt for arbeidsoppgaver • Bidrar til raskere beslutninger • Bidrar til bedre dokumentering og rapporter • Åpner opp for nye kommunikasjonsmuligheter • Reduserer unødvendig bevegelse, spesielt til kontoret for å innhente informasjon og tegninger 	<ul style="list-style-type: none"> • Kostnad/utbytte ratio. Anskaffelse og opplæring koster • Arbeidere kan være lite motiverte for å lære seg nye hjelpemidler • Dårlig brukervennlighet ved bruk av BIM på håndholdt enhet • Arbeidere har ikke tillit til BIM • Enheten er avhengig av å være tilkoblet nettverk for oppdatert informasjon • Redusert datasikkerhet • Enheten er sårbar mot fukt og støv • Applikasjoner støttes ikke av alle operasjonssystemer

3.3.3 Droner

Statsbygg (2021) påpeker at de sparer 10 millioner kroner i året på å gjennomføre inspeksjoner med droner. Det bidrar til å unngå farlig arbeid i høyden, sparer tid og er fleksibelt. NCC (u.å.) påpeker at droner er helt avgjørende i infrastrukturprosjekter og sparer mye tid. Det kan benyttes til landmålinger, inspeksjoner, leverer volumberegninger, planlegging av modeller på arbeidsplassen, grunnlag som prosjektplanlegging, lage 3D modeller av landområder, bygninger og andre konstruksjoner. Bygg.no (2019) skriver at på et veiprojekt i Trondheim brukte Statens vegvesen 14 minutter på å kartlegge 180 dekar med drone, som ville tatt flere dager uten.

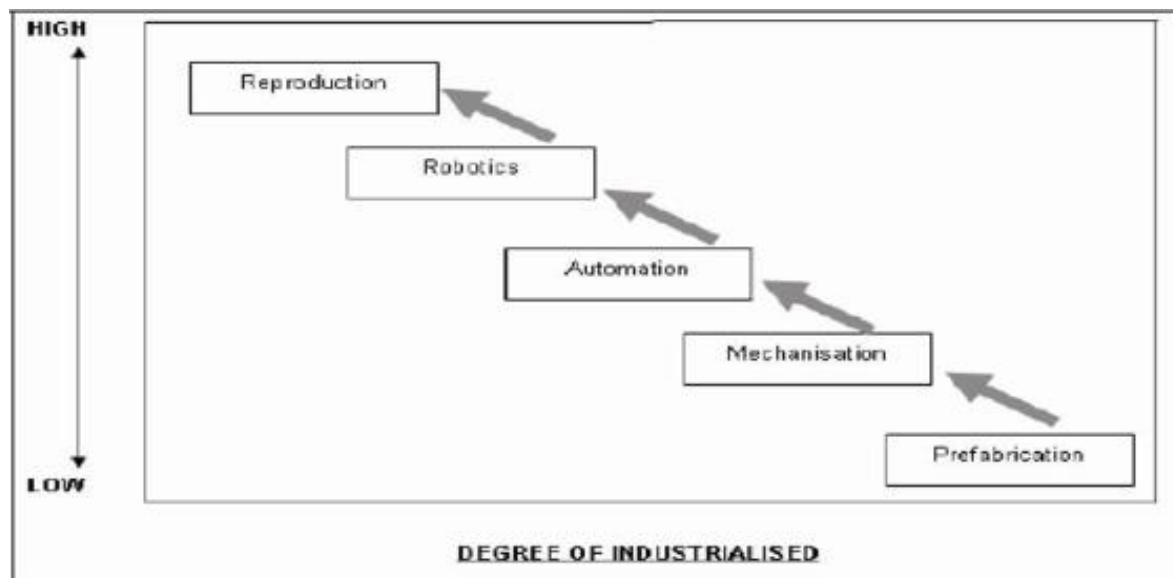
3.3.4 VR og AR teknologi

Virtual Reality (VR) teknologi gir brukeren en interaktiv romlig verden med informasjon (Lu *et al.*, 2015). Det gir et helt syntetisk miljø der brukeren ikke kan se den virkelige verden rundt. Norconsult (2021) påpeker at VR hever kvaliteten på sluttproduktet og bidrar spesielt i prosjektering av komplekse prosjekter. Det tillater kunder, sluttbrukere, prosjekterende og utbyggere å gå rundt i 3D-modellen før et spadetak er satt i jorden. Et godt prosjekt er avhengig av definerte forventninger og mål fra kunden. VR bidrar til dette ved at kunde, prosjekterende og leverandør sammen kan påvirke det som skal bygges, prosjekteres og driftes.

Augmented Reality (AR) teknologi er en variasjon av VR som gir et miljø der digital informasjon innføres i den virkelige verden (Lu *et al.*, 2015). I motsetning til VR blir den digitale informasjonen sammensatt med eller overlatt miljøet rundt, som tillater brukeren å se den virkelige verden. HoloLens fra Microsoft er et eksempel på slik AR-teknologi som Equinor og Aibel benytter seg av under konstruksjon (Equinor, 2020). Det er briller som inneholder 3D-modellen med alle tegninger av plattformen, som kan legges over den virkelige konstruksjonen. Det bidrar til å inspisere og kvalitetssikre byggeprosessen ved å sammenligne bilde med den virkelige verden. I byggebransjen ønsker Dalux å utvikle og benytte AR-teknologi på mobiltelefonen til tilsvarende oppgaver (Strand, 2020).

3.4 Automasjon og robotikk

Byggebransjen er kompleks og Kamaruddin *et al.* (2016) uttrykker at årsaken til det er feilende planleggingsmekanismer og planleggingens manglende evne til å representere virkeligheten på byggeplass. En måte å adressere dette og andre problemer i byggebransjen, som tid, kostnad, produktivitet og HMS, påpekes å være industrialisering ved å adoptere mekanisering og automasjon. Kamaruddin *et al.* (2016) og Richards (2005) beskriver fem grader av industrialisering, som vist i Figur 2. Den første og laveste graden av industrialisering er prefabrikasjon. Der benyttes tradisjonelle byggemetoder, men flytter dette vekk fra byggeplassen til fabrikk, for så å frakte komponenter eller moduler til byggeplassen. Den neste graden er mekanisering der maskineri benyttes for å lette på arbeidsoppgavene til arbeiderene. Den tredje graden er automasjon hvor maskinene tar helt over arbeidsoppgavene til arbeiderene. Kamaruddin *et al.* (2016) definerer automasjon som en selvregulerende prosess gjennomført ved bruk av programmerbare maskiner for å utføre en rekke med oppgaver. Automasjon krever fortsatt ansatte som overvåker og programmerer. Den nest siste graden er robotisering. Til forskjell fra automasjon er robotikk mer fleksibelt og kan gjennomføre diversifiserte oppgaver. Dette vil kunne tillate at tilpasninger kan gjøres med produktet. Den siste graden er reproduksjon, som innebærer forskning og innovasjon for å forenkle produksjonsprosessen.



Figur 2: Grader av industrialisering (Kamaruddin *et al.*, 2016)

I følge Bock (2015) begynte de allerede på midten av 70-tallet å forske på roboter som kunne jobbe på byggeplass, istedenfor på fabrikker. Fokuset var å utvikle enkle systemer de kalte «single task construction robots» som kunne utføre enkle, spesifikke og repetitive oppgaver. Slike roboter er fleksible fordi resten av byggeplassen ikke trenger å automatiseres for å ta dem i bruk, men en utfordring er at det stiller krav til sikkerhetstiltak og kan ofte begrense parallelt arbeid på samme område. I dag eksisterer tilsvarende slike roboter som blant annet nLink, som borer hull i betongtak (Ramsdal, 2018).

3.5 Application Programming Interface

Application Programming Interface (API) er et grensesnitt som gjør at to forskjellige systemer eller applikasjoner kan utveksle data uten at mennesker er involvert (Rossen og Nätt, 2022; Aspelund 2023). API-integrasjon mellom to systemer lar dem kommunisere og åpner opp for strømlinjeformet utveksling av data. Å tilpasse og

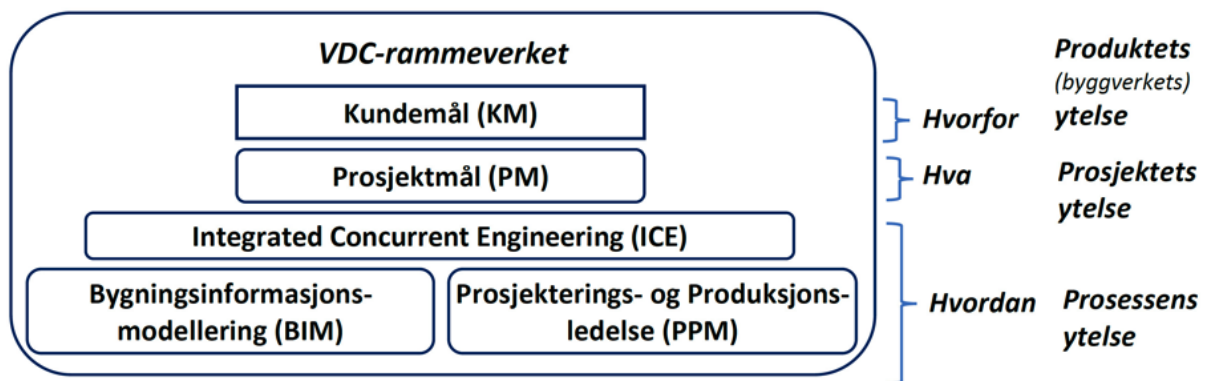
integre et system i andre løsninger er enklere om leverandøren åpner opp API til sitt system.

3.6 Virtual Design and Construction

Kunz og Fischer (2020) definerer Virtual Design and Construction (VDC) som bruken av integrerte multidisiplinære ytelsesmodeller av byggeprosjekter for å støtte eksplisitte og offentlige forretningsmål. Det er en modell eller arbeidsmetode som understreker de aspektene ved et byggeprosjekt som kan designes og styres (Kunz og Fischer, 2012). Aspektene som kan styres er produktet, organisasjonen og prosessen som også kalles POP. Produktet er det som bygges, typisk selve bygget. Organisasjonen er den som definerer, designer/prosjekterer, bygger og drifter produktet. Gjennom prosjektet følger teamene i prosjektorganisasjonen prosessen. VDC er virtuelt fordi det som planlegges og prosjekteres før det bygges er alt digitalt (Hjelseth, 2022). BIM benyttes som regel til planleggingen. I design inngår prosjektering, koordinering kapasitetsplanlegging og planlegging for produksjon. «Construction» er byggingen eller produksjonen av det planlagte produktet. VDC er multidisiplinært fordi arkitekter, prosjekterende, entreprenører, eier av prosjektet og andre relevante underdisipliner representeres (Kunz og Fischer, 2012).

Begrepet VDC ble introdusert på tidlig 2000-tallet (Kunz og Fischer, 2020). Etter flere år med utvikling, opplæring og bruk poengterer Kunz og Fischer (2020) at organisasjoner og kunder ser forbedringer på kostnader, kvalitet og tid ved å bruke VDC metoder. Disse forbedringene er nok til at de ønsker å investere i trening og teknologi for å rutinemessig benytte metodene.

Hjelseth (2022) påpeker at VDC er et integrert rammeverk bestående av fem elementer, som vist i Figur 3. I VDC blir det feil å kun bruke enkeltelementer siden det er et integrert rammeverk.



Figur 3: VDC-rammeverk (Hjelseth, 2022)

3.6.1 Integrated Concurrent Engineering

Integrated Concurrent Engineering (ICE)-sesjoner er koordineringsaktivitet der alle relevante aktører og interessenter samles for å løse flerfaglige utfordringer og er et kjennetegn på et VDC-prosjekt (Hjelseth, 2022). Det anbefales å samlokalisere alle i samme rom, men det kan også gjennomføres over internett. Slike sesjoner er spesielt nyttig for avklaring av oppgaver med gjensidige avhengigheter. Kunz og Fischer (2020) påpeker at det drastisk reduserer tiden det tar å få respons, både når det gjelder å ta avgjørelser og etterspørslar etter informasjon. Det er viktig at alle deltagerne har fått tilsendt agendaen og oppgavelister før sesjonen slik at de kan komme forberedt (Hjelseth, 2022). Hensikten er å øke kvalitet og redusere tid brukt på å løse oppgaver.

3.7 Det digitale veikartet

Digitalisering endrer måten man jobber, kommuniserer og samhandler på radikalt. Dette er noe som også påvirker byggebransjen. Målet er en heldigitalisert bransje, men det kan være mange veier til dette målet, der noen er raskere enn andre. Det finnes mange digitale verktøy på ulike områder og det kan være krevende å vite hvilke man bør velge. Det er en rekke digitale initiativer og utviklingsprosjekter hos forskjellige aktører. Det er derfor nødvendig å sammenstille initiativene og samarbeide på tvers av faggrupper og sektorer for å oppnå størst effekt av digitaliseringen. BNL så det derfor hensiktsmessig å etablere et digitalt veikart, i samarbeid med diverse aktører fra bransjen, for å finne frem til den mest effektive veien til en heldigitalisert byggebransje (Byggenæringens Landsforening, 2017a).

3.7.1 Digitalt veikart 1.0

Det første digitale veikartet ble lansert i 2017 med følgende visjon (Byggenæringens Landsforening, 2017a):

«Heldigitalisering skal sikre en konkurransedyktig og bærekraftig BAE-næring. Gjennom heldigital planlegging, utførelse og drift med digitalt støttede arbeidsprosesser skal man ta ut effekter i form av billigere og bedre byggverk, reduserte klimagassutslipp, mer effektiv ressursbruk og økt eksport av produkter og tjenester.»

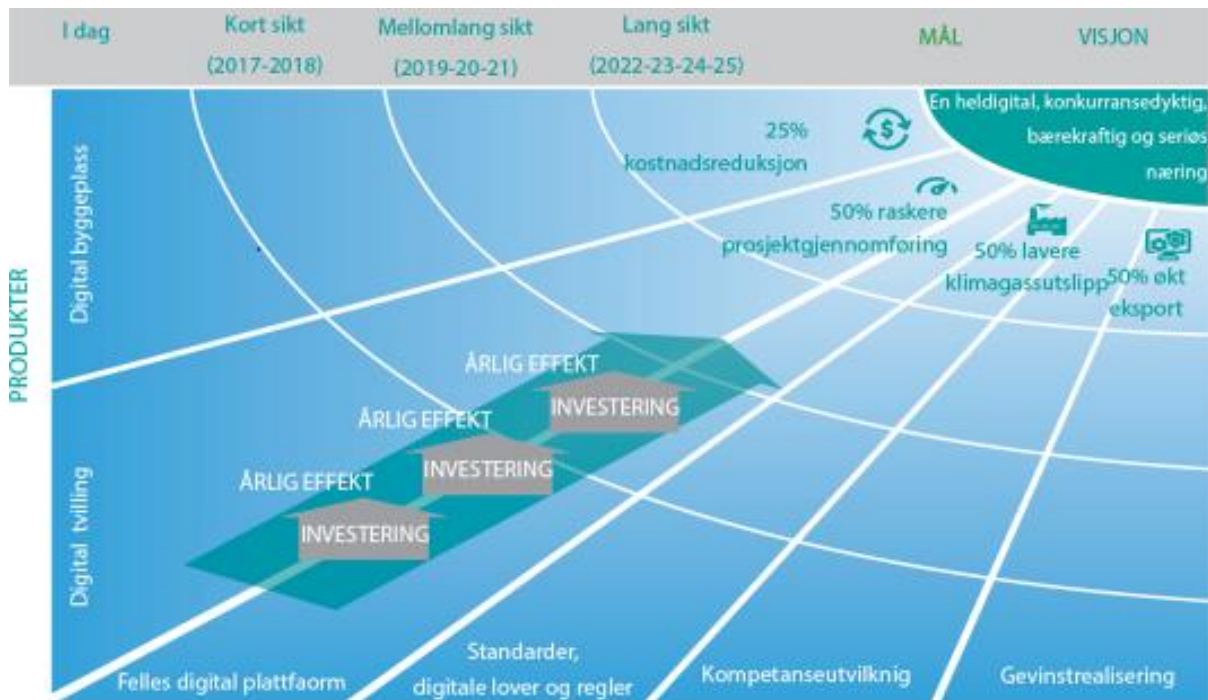
Det ble utarbeidet et lignende dokument i Storbritannia kalt «Construction 2025». Der ble det satt klare mål byggebransjen skulle nå innen 2025. Det er ingen spesielle forhold som skulle tilsi at Norge ikke skal kunne ha samme ambisjonsnivå og dermed ble følgende mål definert for det digitale veikartet (Byggenæringens Landsforening, 2017a):

- 33% kostnadsreduksjon
- 50% lavere klimagassutslipp
- 50% raskere prosjektgjennomføring
- 50% økning i eksport av produkter og tjenester.

Disse målene skal i likhet med målene i «Construction 2025» nås innen 2025. Det påpekes at det er nødvendig for bestillere i privat og offentlig sektor å stille krav til en digital byggeprosess, med produktene digital byggeplass og digital tvilling (Byggenæringens Landsforening, 2017b).

3.7.2 Muliggjørere og produkter

For å nå de ambisiøse målene presenterer Byggenæringens Landsforening (2017a) i det digitale veikartet fire muliggjørere og to produkter. Byggeiere/ byggherre må etterspørre de to produktene P1) en funksjonell digital byggeplass og P2) digital tvilling. De fire muliggjørere skal legge til rette for etableringen av de to produktene, vist i Figur 4.



Figur 4: Digitalt veikartet 1.0 (Byggenæringens landsforening, 2017b)

Produkt P1) er en funksjonell digital byggeplass med en virtuell bygning (Byggenæringens landsforening, 2017a). Det vil bidra ved planlegging, prosjektering, utførelse og leveranse med å effektivisere og øke produktiviteten. En digital byggeplass er starten på en digital byggeprosess (Byggenæringens Landsforening, 2017b). Da må alt planlegges og prosjekteres digitalt før det bygges. Dette betyr at det må bli papirløse prosjekter der alle de digitale systemene snakker sammen. Ved bruk av digitale modeller vil det være mulig å teste, simulere og analysere selve bygget og funksjonene det har. Dette vil bidra til lavere risiko i utførelsesfasen av bygget og høyere kvalitet på sluttproduktet.

Produkt P2) er digital tvilling (Byggenæringens landsforening, 2017a). Produktet digital tvilling vil bidra til at en kan ta på seg VR-briller å gå på befaring av bygget virtuelt før det er bygget (Byggenæringens Landsforening, 2017b). Da kan man forsikre seg om at alt er som det skal være før noe blir gjort i den virkelige verden. Et mål er å kunne bruke denne virtuelle modellen til å bestille materialer, som videre merkes slik at roboter skal kunne sette dem sammen. Videre vil også modellen kunne brukes til drift og vedlikehold ved at den kan si ifra når det trengs.

Muliggjør M1) er å etablere en samlende digital plattform for byggebransjen. Den skal muliggjøre sømløs informasjonsflyt og inneholde felleskomponenter for bransjen. Dette skal spare tid og legge til rette for samspill mellom ulike aktører. Det er nødvendig at denne plattformen er klar ved prosjektstart uavhengig av hvilke aktører som er med (Byggenæringens Landsforening, 2017a).

Muliggjør M2) er å etablere en gevinstrealiseringsarena hvor det gjennomføres sandkasser og pilotprosjekter for næringen. Slik kan løsninger testes og tas i bruk, samt at problemer kan løses raskere av dedikerte prosjekteiere, problemløserne, programutviklere og integrasjonseksperter. Det er ønsket at det skal utvikles flere og bedre utviklingsprogrammer for digitalisering i bedriftene med fokus på anvendelse av digitale løsninger og utvikling av nye digitale forretningsmodeller (Byggenæringens Landsforening, 2017a).

Muliggjør M3) går ut på å etablere en plan for å øke kvalitet og kapasitet på både bred og spiss kompetanseutvikling i næringen, forskning og utdanning. Ved utdanningsinstitusjoner er det ønsket fag innen digitalisering, slik at nyutdannede bringer med seg ny og fersk kunnskap inn i bransjen. I kartleggingsarbeidet ble det identifisert at digital kunnskap og ferdigheter er en utfordring for å heldigitalisere næringen. Det er derfor nødvendig med mekanismer for bredere kompetanseutvikling i bransjen (Byggenæringens landsforening, 2017a).

Muliggjør M4) er å etablere standarder for effektiv informasjonsforvaltning i prosjekter og forvaltning. Dette er viktig ved beslutninger, da det kan klargjøre beslutningspunkter og belyse hvordan beslutningsinformasjon skapes, anvendes, flyter og lagres. Beslutningsprosessene stiller krav til informasjon. Standardene vil belyse for byggherre eller byggeier viktigheten av å stille krav til leveranse av den nødvendige informasjonen (Byggenæringens landsforening, 2017a).

3.7.3 Digitalt veikart 2.0

Byggenæringens Landsforbund (BNL) så et behov for å videreføre arbeidet med digitalisering fra det digitale veikartet. De startet arbeidet med oppfølgeren Digitalt veikart 2.0 i 2019. BNL så det som nødvendig å informere ledere om hvorfor de skal digitalisere og hvordan de skal gripe inn i sin organisasjon. Dette begrunnes med at det er lederne som bestemmer hvilke investeringer som skal gjøres og hvilke saker som skal prioriteres (Byggenæringens Landsforening, 2020).

Rapporten påpeker at digitaliseringen i bransjen har gått sakte og reflekterer rundt dette. Den påpeker at bransjen er fragmentert og digitaliseringsarbeidet drives individuelt. Det påpekes også at det er hovedsakelig IT-spesialistene som har ansvaret for digitaliseringen og det er lite tilgjengelig for andre, samt at det blir som oftest benyttet til å løse enkeltoppgaver istedenfor å se på større deler av produksjonslinjen (Byggenæringens Landsforening, 2020).

Rapporten kommer med følgende seks generelle råd til lederne i byggenæringen (Byggenæringens Landsforening, 2020):

1. Ha alltid en forretningsmessig tilnærming til ny teknologi
2. Man må ha eierskap og lederskap fra toppen, og ikke overlate dette til IT-sjef og IT-avdeling
3. Digitaliseringsstrategien må forankres i bedriftens strategi og forretningsplaner. Sørg også for forankring i styret
4. Sett klare mål for hva digitaliseringen skal gi, som kostnadsutt, salgssøkning, produktivitet, HMS og CO₂ -reduksjon
5. Mobiliser og involver hele organisasjonen. Ikke gjør dette til en oppgave bare for spesialistene
6. Ikke glem virkeligheten av å endre arbeidsprosessene og forretningsmodellene. (Ikke bare digitalisere og sementere den «gamle» arbeidsmåten).

3.8 Implementering og adopsjon av ny teknologi

Det poengteres ofte at byggebransjen ligger bak når det gjelder innovasjon og evne til å adoptere teknologi fra andre områder (Harty, 2008). Implementering og adopsjon av ny teknologi er et krevende fagfelt og kan by på utfordringer. Det er avhengig av flere faktorer, som ansattes innstilling til teknologien og individers motstand mot endring (Won *et al.*, 2013). Young *et al.* (2008) identifiserte tre hovedutfordringer som barrierer mot suksessfull adopsjon og implementering. Trening og opplæring ble identifisert som den største utfordringen og kan være svært tidskrevende. Dette er spesielt utfordrende grunnet at kun et begrenset antall personell har ekspertisen som er nødvendig for å benyttes som en opplæringsressurs. Etter hvert som teknologien blir mere utbredt i

bransjen minsker denne utfordringen noe. Kostnader utgjør også en betydelig utfordring. Adopsjon og implementering av ny teknologi kan kreve oppgraderinger av både «software» og «hardware», som kan representere en betydelig investering. Overbevisning av ansatte til «å kjøpe seg inn» i teknologien og være positivt innstilt til den er også en utfordring. Spesielt for eiere og på bedriftsledelsesnivå er dette utfordrende, grunnet at de ofte må kunne rettferdiggjøre kostnadene og innsatsen som må til for å ta i bruk teknologien. Også blant veteraner i bransjen kan det være utfordrende fordi de er vant til sine arbeidsprosesser og ikke ønsker å endre dem. Stewart *et al.* (2002) poengterer at en ofte ikke klarer å hente ut alle fordelene ved ny teknologi før flere år etter utgiftene fant sted.

Lu *et al.* (2015) deler de mest innflytelsesrike faktorene for suksessfull adopsjon av teknologi inn i fem grupper; personlige, organisasjonelle, teknologiske og prosjekt karakteristikk samt eksternt miljø.

- På *personlig karakteristikk* ble brukerkunnskap, -ferdighet, -aksept og -deltakelse identifisert som de viktigste faktorene. Spesielt for mindre bedrifter er kunnskap og ferdigheter et problem siden de ofte ikke har råd til å ansette høyt lønnede eksperter. Brukeraksept går på frykt og motstand mot endring på grunn av blant annet frykt for det ukjente, mangel på informasjon, frykt for å feile og mangel på antatte fordeler.
- På *organisasjonell karakteristikk* ble organisasjonens kultur, struktur, strategi, trening og ledelsens støtte trukket frem som viktige faktorer. Kulturen kan påvirke om teknologi blir adoptert og engasjementet rundt teknologien. Struktur kan avhenge av størrelse på bedriften. Noen mener at større selskaper har mere oversikt over fordeler ved teknologi, mens andre mener det er en fordel at mindre bedrifter er mere fleksible. Mangel på strategisk planlegging ble sett på som en stor barriere mot suksessfull adopsjon, samt at det var viktig at forretnings- og teknologisk strategi var på samme bølgelengde. Mangel på trening ble identifisert som en svært viktig barriere. Trening bidrar til å øke funksjonalitet og forståelse ved adopsjon av teknologien. Støtte fra ledelsen i bedriften resulterer ofte i bedre fasilitering av ny teknologi. Tilsvarende kan mangel på støtte resultere i motstand mot teknologien, som kan representere en barriere. Dette kan variere i en organisasjon, for eksempel kan fagarbeidere se på støtte fra toppledelsen som mindre viktig.
- *Teknologisk karakteristikk* inkluderer applikasjon, brukervennlighet, kompatibilitet, reliabilitet, utvidbarhet og informasjonssikkerhet. Brukere og akademikere identifiserer dårlig brukervennlighet og kompatibilitet som viktige barrierer mot suksessfull bruk. Problemer med brukervennlighet relateres ofte til at det er nødvendig med opplæring. Det identifiseres også at det er nødvendig med multidimensjonell brukerstøtte, altså både internt i bedriften og eksternt.
- *Prosjektkarakteristikk* ble vurdert til å ha en effekt på implementeringen av ny teknologi. Der ble temaer som prosjektets struktur, type, varighet, spesifikasjoner og lokalisering påpekt at hadde en påvirkning.
- Krefter fra det *eksterne miljøet* kan også påvirke adopsjon av teknologi. Det er krefter som regulering fra myndigheter, konkurransedyktighet, krav fra markedet, leverandørstrategi, profesjonelle normer, status på kunnskap om teknologi og den samfunnsøkonomiske situasjonen.

3.9 Endringsledelse

Adopsjon og implementering av digitale verktøy, systemer og prosesser representerer en signifikant endring i en organisasjon. Disse endringene påvirker ledelsen i organisasjonen, prosjektene og de daglige arbeidsprosessene til de ansatte. Erdogan *et al.* (2005) definerer endring som «the act or instance of making or becoming different, an alteration or modification». Det påpekes at det er mange ulike årsaker til endring og disse vil ikke forsvinne. Dermed vil endringer forbli nødvendig og den beste løsningen er å styre endringer slik at negative konsekvenser minimeres og fordeler maksimeres.

Videre skiller Erdogan *et al.* (2005) mellom endringsledelse i prosjekter og organisasjoner.

3.9.1 Endringsledelse i prosjekter

Endringer i prosjekter anses som alt som legger til, trekker fra eller reviderer prosjektets mål og omfang (Erdogan *et al.*, 2005). I byggeprosjekter er det alt som påvirker prosjektets omfang, krav, kostnader, verdi, tid til å prosjektere og bygge, prosjektteamets forhold og avtaler, risikoer assosiert med prosjektet og anskaffelser. De vanligste årsakene til endring i byggeprosjekter er endringer i krav fra eier, design- og planleggingsfeil eller uforutsette forhold, enten administrative eller på byggeplass. Videre deles effektene av endringene inn i direkte og indirekte effekter, der de direkte er lette å se sammenlignet med de indirekte, som kan være vanskelige å fange opp. Eksempler på direkte effekter kan være behov for å kontrollere arbeidet, bruke ekstra tid og penger på å iverksette endringene eller behov for å endre på timeplanen for leveringer. De indirekte effektene kan være mere utfordrende å identifisere som endring i produktivitet, kvalitet eller arbeidsmoral.

3.9.2 Endringsledelse i organisasjoner

Endringer for en organisasjon er endringer på organisasjonens prosesser, funksjoner, verdier, tro og menneskelig oppførsel i forhold til sosiale regler, maktfordeling og måten organisatoriske problemer påvirker (Erdogan *et al.*, 2014). Årsaker til endring kan være både interne og eksterne. Eksterne årsaker kan være blant annet endringer i markedet, politikk, kunders forventninger, konkurrenters aktiviteter, nye standarder eller ny teknologi. Interne årsaker til endring kan for eksempel være endringer av mål, verdier, teknisk system, organisasjonens struktur eller kultur. Videre kan endringer kategoriseres etter om de er forutseende for fremtidige hendelser eller om de er reaktive og dermed reagerer på endringer i den nåværende situasjonen. Disse endringen kan implementeres trinnvis eller strategisk, som vist i Tabell 10.

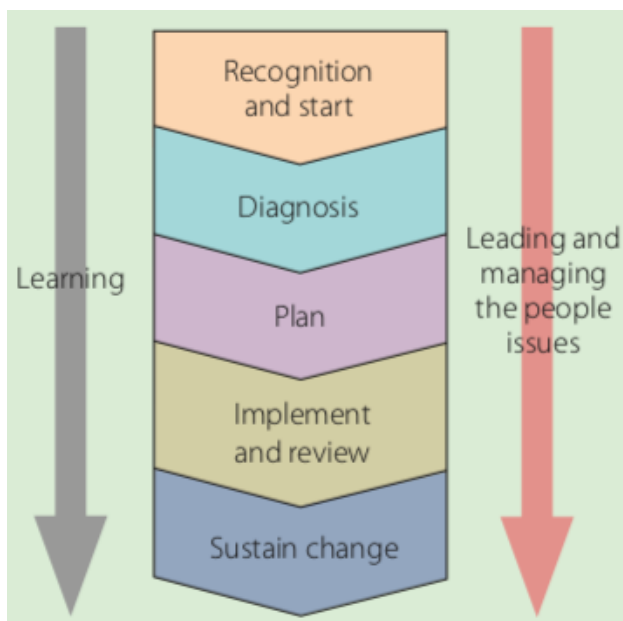
Tabell 10: Implementering av endringer

	Trinnvis	Strategisk
Forutseende	Tuning	Reorientering
Reaktive	Tilpasning	Gjenskapning

Ved endringer i en organisasjon er det både menneskelige og organisatoriske barrierer mot disse endringene. Årsaker til at man kan møte motstand fra de ansatte kan være mangel på informasjon, kunnskap, ferdigheter, trusler mot status, frykt for å feile, frykt for det ukjente, mangel på antatte fordeler og usikkerhet knyttet til utfallet (Erdogan *et al.*, 2005). For å motvirke disse på riktig måte er det nødvendig å vite årsaken til at man møter motstand. Organisatoriske barrierer kan være et belønningssystem som bygger opp under den gamle måten å gjøre ting på, trusler mot den eksisterende maktbalansen, interne gruppekonflikter som hindrer samarbeid, uforenelig endringsprosess og organisasjonskultur, og tung investering i tidligere valg og handlingsmåte. For slike barrierer er det nødvendig å ha riktig kompetanse i organisasjonen.

3.9.3 Modell for endringsledelse

Smith og Tardif (2009) påpeker viktigheten av at en organisasjon har utviklet en dokumentert metodologi for endring. Hayes (2018) har utviklet en prosessmodell for endring, som de som leder en endring kan bruke til å identifisere problemene de må adressere for å nå det ønskede utfallet. Modellen involverer syv hovedaktiviteter og er vist i Figur 5.



1. Innse at det er nødvendig med endring og starte endringsprosessen
2. Diagnostisere hva som er nødvendig å endre og formulere en visjon for hva som er en foretrukket fremtidig tilstand
3. Planlegge hvordan å gripe inn for å oppnå den foretrukne endringen
4. Implementering av planer og vurdering av prosessen
5. Opprettholde endringene
6. Ledelse av menneskelige problemer
7. Læring

Figur 5: Prosessmodell for endring (Hayes, 2018)

Endringsprosessen er delt inn i syv hovedaktiviteter fordi valg og handlinger kan ha forskjellige mål i prosessen (Hayes, 2018). Modellen trenger ikke være lineær som i rekkefølgen over. Læring og ledelse av menneskelige problemer skjer underveis i prosessen. Smith og Tardif (2009) anbefaler tilbakeføringsløkker i endringsprosesser. Dette innebærer undersøkelse eller måling av effektiviteten ved endringene og tilbakeføring av den informasjonen for å eventuelt kunne forbedre resultatet av endringene ved ytterligere endringsledelse.

3.10 Menneskelige utfordringer ved bruk av ny teknologi

For å lykkes med digital transformasjon påpekes det at selve teknologien ikke er hinderet for å nå målet, men heller mennesker (Kohnke, 2016). Erdogan *et al.* (2008) påpeker at det er en kombinasjon av menneskelige og organisasjonelle faktorer, og ikke det tekniske, som er årsaken til at investeringen i teknologi ikke når de resultatmålene som er ønsket. Byggeprosjekter er komplekse og involverer flere selskaper, aktører og disipliner, som jobber sammen for å produsere stort sett skreddersydde løsninger for kundene (Harty, 2008). Innovasjon, spesielt den som er orientert mot å endre måten prosjekter gjennomføres på, må derfor implementeres på tvers av et interorganisatorisk landskap. Kommunikasjon, koordinasjon og samarbeid er dermed nødvendig for å få informasjonsflyten til å gå som den skal. Innovasjon må legge til rette for dette og ikke bidra til å gjøre det ytterligere komplisert.

Erdogan *et al.* (2008) identifiserer tre sentrale menneskelige utfordringer ved bruk av ny teknologi i sin studie. Det er at de tekniske løsningene ikke møter brukeres behov, brukeres motstand mot endring og mangel på involvering av brukere. Hvor godt et teknisk system eller hjelpemiddel fungerer er også avhengig av brukerne. Et system kan være meget bra teknisk og likevel feile fordi det ikke tilfredsstiller sluttbrukeres behov. Det er derfor viktig med kommunikasjon mellom utviklere og brukere. Mangel på involvering av brukere kan også by på andre utfordringer. Sluttbrukere blir ofte anklaget for å yte motstand mot eller ikke forstå gevinsten og potensialet til nye systemer og hjelpemidler. Likevel er de ofte ikke involvert i prosessen før det skal tas i bruk og det blir tvunget på dem. Ved en slik prosess blir den utviklede teknologien basert på hva utviklerne tror brukerne har behov for, og det er ikke unaturlig at de nøler og ikke er så begeistret for endringene. Det er flere andre årsaker til brukeres motstand mot endring. Det inkluderer frykt for det ukjente, mangel på informasjon, kunnskap og ferdigheter,

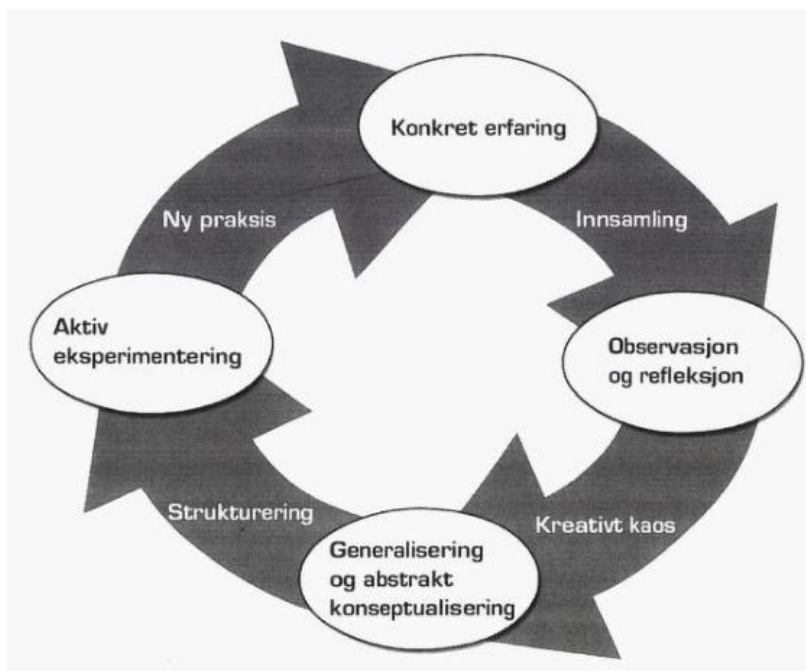
trusler mot status, frykt for å feile, mangel på antatte fordeler, usikkerhet knyttet til resultatet og intern politikk. Harty (2008) påpeker at motstanden ikke kommer fra ignoranse. Det som implementeres må integreres med eksisterende arbeidsoppgaver. Hvis det er ødeleggende for de eksisterende arbeidsrutinene kan det i større grad føles som en radikal endring og dermed møte motstand. For å unngå dette kan teknologi implementeres stegvis. Motstand fra brukere, mangel på involvering av brukere og at teknologien ikke møter brukeres behov henger sammen (Erdogan *et al.*, 2008). Ved å involvere sluttbrukere underveis i prosessen bidrar det til å øke aksept og sikre at deres behov og ønskede funksjonalitet blir møtt.

3.11 Overføring av kunnskap og erfaringer

Overføring av erfaringer og kunnskap kan defineres på forskjellige måter av ulike forfattere. Onsøyen og Spjelkavik (2002) forklarer begrepene taus og eksplisitt kunnskap, erfaring, og erfaringsdeling for å beskrive begrepet erfaringsoverføring. Kunnskap kan både være taus og eksplisitt. Eksplisitt kunnskap er den kunnskapen som kan artikuleres, altså fortelles videre til andre enten skriftlig eller muntlig. Mennesker vet mer enn det de klarer å uttrykke til andre, derav taus kunnskap vi ikke er i stand til å uttrykke med ord. Erfaringer er kunnskap som kan skapes gjennom opplevelser og erfaringsdeling er å gjøre erfaringene sine tilgjengelig for andre. Videre defineres erfaringsoverføring som en læringsprosess i forbindelse med erfaringsdeling. Denne prosessen innebærer at en har fått informasjon om andres erfaringer, reflekterer rundt den informasjonen og tilegner seg den som egen kompetanse. Slik kan enten egen kunnskap ses i en ny sammenheng eller gammel kunnskap forkastes.

Argote og Ingram (2000) definerer overføring av kunnskap i en organisasjon som at en gruppe, divisjon eller et departement blir påvirket eller lærer av erfaringen til en annen. Kunnskap kan også overføres på et individuelt nivå og defineres som at kunnskap ervervet i en situasjon enten kan gjelde eller ikke gjelde i en annen. Overføring av kunnskap i organisasjoner gjelder både på et individuelt nivå og for større grupper. Organisasjoner som er dyktige på å overføre kunnskap kan benytte løsninger og praksiser fra et område til å løse problemer på et annet (Argote *et al.*, 2022). Dette kan bidra til å utvikle et konkurransefortrinn.

Argote og Ingram (2000) påpeker at organisasjoner lagrer kunnskap i reservoarer for fremtiden, altså at kunnskapen kan benyttes om igjen. Reservoarene består av tre elementer som er organisasjonens medlemmer, verktøy og oppgaver. Disse elementene kan kombineres i nettverk enten med eget element eller et annet element. Eksempler på dette er oppgave-oppgave nettverk, oppgave-verktøy nettverk og medlem-oppgave-verktøy nettverk. Oppgave-oppgave nettverk kan være sekvenser av oppgaver eller rutiner organisasjonen benytter. Oppgave-verktøy nettverk kan være hvilke verktøy som brukes til hvilke oppgaver, og tilsvarende kan medlem-oppgave-verktøy nettverk være hvilke medlemmer som gjør hvilke oppgaver med hvilke verktøy. Organisasjonens prestasjoner forbedres ved god samhandling mellom interne og eksterne nettverk. Videre kan kunnskap overføres ved å flytte reservoarer og nettverk, som for eksempel å flytte verktøy fra ett område til et annet. En måte å gjøre dette på er ved overføring av teknologi. Ifølge Argote og Ingram (2000) viser forskning at overføring av kunnskap ved teknologi kan være effektivt, men gir ofte varierende resultat. Stort sett må teknologien tilpasses det mottagende området for å være effektivt. Overføring av teknologi har vært suksessfullt når teknologien er mindre kompleks og har blitt forstått. I organisasjoner har overføring av kunnskap ved hjelp av teknologi vært ytterligere effektivt når det støttes av overføring av personell. I nyere forskning påpeker Argote og Fahrenkopf (2016) at oppgaver også har stor innvirkning på overføring av teknologi. I studier der to grupper overfører eller adopterer ny teknologi, viser det seg at gruppen som tar i bruk teknologien sist opplever forbedringer mye raskere enn den første gruppen. Dette attribueres til at den siste gruppen kan dra nytte av kunnskapen og erfaringene til den første gruppen, ved å gjennomføre de samme oppgavene ved hjelp av deres etablerte rutiner.



1. Konkrete erfaringer
2. Innsamling for observasjon og refleksjon
3. Kreativt kaos frem til generalisering og abstrakt konseptualisering
4. Strukturering og aktiv eksperimentering
5. Ny praksis frem til handling og konkret erfaring

Figur 6: Modell for erfaringsoverføring (Onsøyen og Spjelkavik, 2002)

Onsøyen og Spjelkavik (2002) kom frem til en modell for erfaringsoverføring i prosjekter, vist i Figur 6, med forklart rekkefølge ved siden av. Konkrete erfaringer vil si de erfaringene som enkeltmennesker gjør, enten alene eller i grupper. Neste steg er innsamling for observasjon og refleksjon. Her gjøres erfaringene om til informasjon, som er tilgjengelig for den som gjorde erfaringen og andre. Videre kan informasjonen observeres, analyseres og reflekteres rundt. Det tredje steget er kreativt kaos frem til generalisering og abstrakt konseptualisering. Her generaliseres alle erfaringene gjort i de tidligere stegene til «nye sannheter» angående måter å gjennomføre prosjekter. Videre struktureres og eksperimenteres det ved de «nye sannhetene». Slik kan de operasjonaliseres for nye fremgangsmåter, maler og verktøy for fremtidige prosjekter. Siste steg er ny praksis frem til handling og tilbake igjen til konkrete erfaringer. Fordi det er utviklet nye fremgangsmåter, maler og verktøy må disse læres bort og implementeres. Videre kan det gjennomføres og planlegges nye prosjekter med den nye praksisen og erverves nye konkrete erfaringer.

4 Resultat

I dette kapittelet presenteres resultatene fra de 14 dybdeintervjuene og to dokumentstudier for å besvare forskningsspørsmålene. Intervjuobjektene er beskrevet i kapittel 2.5.1 *Valg av intervjuobjekter*. Spørsmålene som er benyttet for innsamling av empirien er vedlagt i de to intervjuguidene for byggebransjen og oljebransjen, i Vedlegg C og D.

4.1 FS1 – Hva er status i dag når det gjelder digitalisering under produksjon på byggeplass?

4.1.1 Mange ulike digitale løsninger i byggebransjen

Innenfor byggebransjen er det generelt veldig mange små- og mellomstore aktører og noen store selskaper. Dette er med å påvirke til bruk av mange programvaresystemer og få som benytter akkurat samme løsning i verdikjeden. I det videre vil jeg beskrive noen av de digitale systemene som intervjuobjektene nevnte er i bruk i dag.

Gemini er et 3D-verktøy utviklet i forbindelse med blant annet infrastrukturprosjekter. Det eksisterer ulike moduler som Oppmåling og Terreng. *Gemini* Oppmåling benyttes gjerne først i prosessen. Deretter benyttes dataene i *Gemini* Terreng for ulike formål som å lage byggegrop, masseberegning og best mulig plassering av bygg på tomten. Eksempelvis for bygging av Fornebubanen tilrettelegges filene i standardiserte åpne formater, som kan benyttes i *Gemini*. Arbeideren benevnt som «stikkeren» hevdes å bruke *Gemini* Terreng, som er koblet opp mot målebøker.

En gjenganger benevnt av intervjuobjektene er ulike varianter av BIM. Dette er kjernen i en samarbeidsmodell mellom de forskjellige bidragsyterne, som for eksempel byggherre, entreprenør, elektrikere, rørleggere, vedlikeholder og offentlige myndigheter. Både under selve byggeprosessen og senere gjennom hele bygningens levetid til og med eventuell riving og gjenvinning av materialer. Det finnes BIM for hvert av de forskjellige fagområdene (bygg, struktur, elektro, VVS, rør osv.) og man kan også kombinere disse modellene til en tverrfaglig BIM. Alle intervjuobjektene benyttet en eller flere former for BIM:

- *Autodesk BIM 360* er et «common data environment» og har til hensikt at aktørene skal ha mulighet til å ha et felles område hvor siste modellunderlag og dokumentasjon ligger digitalt tilgjengelig. *BIM 360* er også et system for å følge opp kvalitetssjekk og avvik, samt foreta mindre korrigeringer. Store bedrifter som sier de har med seg iPad ut på byggeplass, uttrykker at de eksempelvis kan sette pin i modellen eller på en tegning og deretter ta bilde og sende til de som skal utføre som vil kunne gjøre korrigeringer umiddelbart.
- *StreamBIM* er en BIM plattform for flere faser av prosjektet, med teknologi for å «stream» inn dataene. I *StreamBIM* har du tilgang til digitale tegninger, 3D BIM for alle fag og installasjonsanvisninger for de enkelte fag i 3D BIM modellen. Dette er tilgjengelig fra smarttelefonen, nettbrettet eller PC.
- *Novorender* (samme prinsipp som *StreamBIM*) er et 3D-visualiserings verktøy for samarbeid internt og eksternt. Teknologien lar brukeren laste opp modelldata de allerede har og dele opp modellen for å bare få inn det som er interessant. Dette ansees som spesielt viktig ved store modeller, for å unngå feil og at interessante elementer plutselig ikke dukker opp på skjermen.
- *Navisworks* er en Autodesk-programvare som kan kombinere design- og konstruksjonsmodeller i 3D. *Navisworks* finnes i to produktversjoner (Manage og

Simulate), og kun Navisworks Manage ble spesifisert. Noen benyttet Navisworks primært på kontoret og for å gjøre klar sammensatte modeller til produksjon.

- *Dalux* er nok en BIM-basert programvare som er en gjenganger benyttet i byggebransjen. Hele byggmodeller lastes inn og punkter på arbeidsoppgaver eller kvalitetsobservasjoner blir utarbeidet. Eksempelvis om det er ønsket at riggarbeiderene skal sette inn en ny trapp (med tidsfrist), kan den plasseres på plantegningen. Når trappen er installert kan det hukes av at det er utført og legges inn bilde av trappen. Arbeideren får opp dette på sin mobil og historikk lagres. Dalux benyttes ifølge intervjuobjektene til å dele ut arbeidsoppgaver, måle størrelser og fjerne elementer for å sjekke detaljer samt etablere sjekklister. Utførende kan benytte Dalux på ulike verktøy som mobil, ipad og PC. Dalux kan også brukes til rapportering av uønskede hendelser (RUH)
- *Solibri* er en programvare for regelbasert 3D modellsjekk, som kan sammenstille modeller fra forskjellige fagområder for modellsjekk og kvalitetssikring. Likt Dalux på modellering, men hevdes å være mere nøyaktig og spesialisert på bygg, så brukes til mer spesifikke ting.
- *Revit* er nok en programvare for modeller i 3D som brukes til design, prosjektering og modellering.
- *BIM-kiosk* kan best karakteriseres som et informasjonsverktøy til å kjøre blant annet programmene benevnt i punktene over. BIM-kiosker på arbeidsplassen gir arbeiderne tilgang til oppdatert prosjektinformasjon ute på byggeplassen. Dette kan være informasjon som for eksempel 3D-modeller, plan- og detaljtegninger og HMS-informasjon.

Pims Omega 365 er en sky-basert plattform for prosjektstyring med maler, referater osv. Sykehusbygg registrerer krav og varsler i Omega 365 på tvers i helse Norge, og systemet gir oversikter over kontrakter og status på godkjenninger. Entreprenøren for nytt sykehusbygg i Drammen benytter Dalux for å registrere avvik (og med bilder om man vil det), mens konsulentselskapet krever at avvik registreres i Omega 365. Når en sak opprettes i Omega 365 kan det knyttes en ansvarlig person som også kan få varsler om dette. Videre kan det etableres en taktplan gjennom systemet med inndeling av bygget i små områder og lage mindre taktplaner. Byggeledere følger opp fremdrift og det settes opp hvilket fag som er inne i hvilket rom. Det kan bli et sammensurium av farger, men de som styrer etter det synes det er oversiktlig å vite når hvilket fag er i hvilket rom. Det er en fin måte å se helheter og mindre inndelinger.

Byggebransjen benytter også en rekke andre digital programvare som:

- *Byggnet* er et digitalt informasjonssystem som er karakterisert som et prosjekthotell hvor alle aktører legger inn og deler sine tegninger, prosjektdokumentasjon osv.
- *Viscenario* benyttes for kvalitetssikring med oppfølging i ettetid av kunder og befaringer. Eksempelvis om noe ikke er i orden i et kontrollområde, kan man legge inn oppgaver til de som skal utføre dem.
- *Trimble Connect* er en sky-basert samarbeidsplattform spesialtilpasset for konstruksjon i byggebransjen. Dette er en programvare som jernbanen har god erfaring med fra sine byggeprosjekter.
- *OpenSpace* er en programvare som benyttes for å filme byggeplassen jevnlig ved at en prosjektingeniør sendes ut på byggeplassen med et 360° kamera montert på sin hjelm.
- *BlastManager* er et sky-basert digitalt system som et intervjuobjekt nevnte for planlegging og dokumentasjon av sprengningsarbeid.
- *Bever Team* er en løsning for datastyrt boring og skanning, som følger opp boreriggen. Dokumentasjon av boreparametere og borelogger som viser produksjon håndteres via Bever Team. I tillegg finnes en rekke spesialsystemer, eksempelvis for rystelser hvor det er erfaring fra Sverige med manuell plotting av en mengde variabler, som hulldybde og sprengstoffmengde i en IT-løsning.

Deretter overføres det som en PDF-fil for en spesifikk salve for å bli lastet opp på nytt med litt mere informasjon til Trafikverket sitt digitale system benevnt Chaos. Dokumentasjon for tunnelutbygginger har enda mere krav som pumping av betong, og spesielt mye på injeksjoner i fjell. I dag er disse data analoge, skrives på ark som leveres til noen som legger de inn i et digitalt system. Det hevdes at det er et program under utvikling der disse dataene legges inn digitalt med en gang. Generelt ble det påpekt av intervjuobjektet at det er høyere krav til dokumentasjon og færre digitale løsninger i sammenheng med bygging av tunneler i Sverige enn i Norge, og heller ikke i Norge eksisterer de digitale systemene det er behov for.

Allmenne tilgjengelige digitale verktøy som e-post, mobil og nettbrett/ipad, PC brukes i utstrakt bruk i byggebransjen. Microsoft produkter som Teams brukes til digitale møter og samhandling. I tillegg benyttes QR teknologi for oppdatert informasjon, lister osv., samt en rekke lovpålagte krav og tilhørende digitale systemer for konstruksjon på byggeplasser. I det videre beskrives noen av disse mer universelle digitale systemene:

- *MS Projects* brukes til å planlegge, se og simulere fremdrift.
- *Synchro* er et annet prosjektstyringsverktøy som blir benyttet for å visualisere fremdrift.
- *Autocad* brukes av flere som blant annet et tegneprogram.
- *GISLINE*-plattformen (GIS) er Norges mest komplette system for håndtering av geografisk informasjon. Byggebransjen kan bruke GIS for å hente ut eksempelvis tunnelprofiler og prosjektering som hvor det kan forventes sprengningsarbeid. Det er opp til entreprenøren på byggeplass å hente ut de data og underlag som det er behov for til det enkelte oppdrag.
- *HMS-kort og elektronisk HR-registrering* på byggeplassen er lovpålagt for til enhver tid å sikre oversikt over hvem som er på byggeplass (inn og ut registrering), sikre ordentlige ansettelsesforhold med forsikring og betaling samt sertifikater og riktig kurs. Sertifikater og lignende skal i utgangspunktet inn i HR-registrering eller Omega 365, og slik registrering skal være sporbart.
- *Infobric* er et digitalt system som benyttes for innsjekking på byggeplass, telle timer og gir tilgang til byggeplassen (eller motsatt). Infobric kan også kontrollere om man har fått alle ut av byggeplassen ved hendelse, hvilket det er lovpålagt å ha kontroll på.
- *Avvik.com* benyttes for rapportering og statistikk av uønskede hendelser (RUH database) og hyppigheten av hendelser (H-verdier) osv.
- *Norsk Gjenvinning-Portal* (NG app) for avfallshåndtering og -tjenester benyttes for å melde ifra om når søppel skal tømmes.
- *Cobuilder Collaborate* er et digitalt system som benyttes for å registrere produkter som tas inn på en byggeplass. Noen produkter som lim og maling er lovpålagt å notere, og registrering skal sikre at man ikke bruker noe som er ulovlig. Systemet forenkler innsamling og sjekk av produktdata og -dokumentasjon og oppfyllelse av prosjektkravene.
- *Myloc* er et annet digitalt verktøy for vareregistrering. Det bidrar også med logistikk på byggeplass som blant annet leveranseplanlegging, kalender, deling av informasjon og avvikshåndtering.

Det er ikke bare programvare som benyttes under produksjon på byggeplass i byggebransjen i dag, men også andre digitale verktøy ble beskrevet i intervjuene:

- *Droner* ble nevnt av flere intervjuobjekter som digitalt verktøy for både landmåling og bilder av byggeplass for fremdriftsrapportering. For nytt sykehusbygg i Drammen benyttes dronebilder en gang i uken som hjelp til å forklare og peke på ting som er plassert feil og liknende ovenfor kontraktør. Droner er mye brukt til håndtering av masse i store veiprosjekter og innmåling av terreng.

- *Roboter* ble det nevnt at ble litt brukt til veioppmerking ved at en liten robot kobles opp mot GPS og merker veistrekking, men ellers ikke så mye i veiutbygginger. Det brukes maskinstyring også i tunnelbygging. Der kan borerigger være store og jobber etter plan nesten av seg selv, slik slipper man mye manuelt arbeid.
- VR-teknologi ble nevnt at er spesielt egnet for prosjektering hvor VR kan visualisere byggene og konstruksjonene våre før de faktisk er reist. Eksempelvis er bruk av VR-briller fint til å vise kunder bygget før produksjon.
- *Trimble Sitevision* er et såkalt AR-verktøy, utvidet eller blandet virkelighet på norsk, som blir benyttet til å innlemme 3D-modeller av bygninger gjennom kameraet på mobilen for å gi innsikt i hva som skal bygges. Trimble Sitevision kan kobles opp mot *Trimble Connect*, og synkes slik at det er en pakkeløsning. Trimble har også en programvare, *Trimble Tilos*, som gir en 4D oppfatning ved at Tilos kobles opp mot fremdriftsplanen.

4.1.2 Oppsummering av digitale løsninger i byggebransjen

Den digitale status i byggebransjen synes mangehodet og fragmentert ved at det benyttes en rekke forskjellige løsninger, systemer og verktøy. Intervjuene avdekket et stort spenn av ulike typer digitale hjelpemidler i bruk til både samme, til dels overlappende og spesielle formål. Disse er forsøkt oppsummert i Tabell 11 i prosjektfasene prosjektering og utførelse. Digitale hjelpemidler for drift ble i liten grad etterspurt i intervjuene og det er derfor ikke inkludert som en fase i tabellen.

Tabell 11: Oversikt digitale løsninger fra intervjuene

Prosjektering	Utførelse	Begge
<ul style="list-style-type: none"> • Gemini • BIM 360 • Navisworks • Autocad • GIS • Revit • Synchro • MS Projects • Solibri 	<ul style="list-style-type: none"> • OpenSpace • Droner • Roboter • AR-verktøy • Omega 365 • BIM-kiosk • Dalux • BlastManager • Bever Team • Norsk Gjenvinning-Portal • Cobuilder Collaborate • Myloc • Avvik.no • HMS kort/ HR-reg • Viscenario • Trimble • Novorender • StreamBIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Omega 365 • Byggnet • E-post/Teams • Nettbrett/ipad, mobil

4.1.3 Digitale hjelpemidler under konstruksjon i oljebransjen

Flere av intervjuobjektene arbeider i dag eller hadde erfaring fra oljebransjen, slik at utover mange av de digitale løsninger som eksisterer i begge bransjer ble det satt søkelys på hvilke andre hjelpemidler som benyttes. Eksempelvis benytter oljebransjen seg av en rekke tegne-, design- og prosjekterings verktøy, samt at det eksisterer en rekke modellerings-, samhandlings- og spesial-løsninger. Her er et utvalg av digitale hjelpemidler som ble beskrevet i intervjuene og dokumentstudiene:

- *MS Azure/Omnia* er en skyløsning som har alle data fra anlegg (3D modell og all øvrig data som kan replikere hele anlegget).

- *Power BI* som et visualiseringsverktøy for både prosjektledelse, engineering, ferdigstilling og anskaffelsesrapportering.
- *Ipad (nettbrett)* benyttes i stor utstrekning på byggeplass i oljebransjen, både på land og offshore har nesten alle egen ipad eller i det minste tilgang på det digitale verktøy. Det har stort sett alle programmer og all dokumentasjon, og kan brukes til å signere ut oppgaver. Til byggeprosjekter benyttet elektrodisiplinen mye ipad, men data er også i stor utstrekning tilgjengelig på mobil. Digitale tegninger på armering er kompliserte tegninger som bare er på ipad. Ipad på byggeplass tillater data å bli lagt inn i system for ferdigstilling i nåtid, og bilder og videoer kan inkluderes for å bedre forståelse av status. Inspeksjoner kan gjennomføres via ipad som fjernstøtteverktøy.
- *E3D og Navisworks* er systemer som 3D modellerer detaljerte bilder av hvordan ting skal være når det er ferdig. Man bygger ut fra arbeidspakker med tegninger, monterer ting del for del og kan lettere målsette fremdrift og ferdigstilling.
- *4D planlegging* med automatisk overføring av data, og spesielt brukt for rør, struktur og kabelgater.
- *Fusion* er et internutviklet Equinor «intranett» for sømløs informasjon og samarbeid internt og eksternt for hvert utbyggings prosjekt. Det henter data fra ulike systemer, visualiserer og gir rollebasert tilgang til nøkkelinformasjon fra prosjekter. Fusion kan også innlemme Power BI apper slik at eksempelvis aktører på byggeplass kan samarbeide om status og øke forståelse av ferdigstilling, måle fremdrift av byggeaktiviteter, og planlegge overlevering (Dokumentstudiet).
- *Procosys* er et ferdigstillingsprogram som snakker godt sammen med 3D modellen, så hvis det legges inn et avvikspunkt i Procosys oppdateres det automatisk i modellen.
- *Echo* er en digital tvilling-løsning, et visualiseringsverktøy som anvendes for å få tilgang til og visualisere data som er lagret i Omnia. Ved bruk av Microsofts 3D-briller HoloLens og nettbrett, smelter verktøyet sammen virkelige bilder med 3D-briller, slik at brukeren kan se hvordan en konstruksjon ser ut på innsiden. På denne måten kan feltarbeiderne ta med seg «kontoret» ut på arbeidsplassen. Arbeidsoppgaver som tidligere måtte utføres på kontoret med fysiske signaturer kan nå bli utført på byggeplass. 3D modell prosjektering under produksjon kan enten planlegge for det som ikke er konstruert enda eller inspisere det som er bygget.
- *HoloLens* benyttes for å sjekke ut jobbene om man har fått med alt som skal monteres og om det er montert rett. Under Covid pandemien ble HoloLens brukt til liveoverføring i Teams møter. HoloLens er i prinsippet en hodemontert skjerm med flere sensorer, avansert optikk, og holografisk prosessering som sammensmelter sømløs virkelighet med 3D bilder til en AR for bruker.
- *Remote Assist* med *HoloLens* har blitt brukt ute på byggeplass offshore. Dette er et verktøy for fjernstøtte med blandet virkelighet for feltteknikere og ledere som bruker HoloLens-enheter. Fjernstøtte har også blitt benyttet til inspeksjoner av leveranser fra underleverandører.
- *Ayelix* er et program som setter sammen mange 360° bilder slik at det er mulig å se og navigere gjennom hele arbeidsplassen.
- *Droner* brukes mye til inspeksjon i høyden hvor man til vanlig har klatrere, og drone inspeksjoner for å unngå fallende gjenstander under produksjon. Såkalte flyvende droner har også blitt benyttet for inspeksjoner av eksempelvis stålkonstruksjoner, samt større og mindre inspeksjoner av ferdige produkter som moduler eller plattformer. I dag er det også utstrakt bruk av undervannsdroner som blant annet kan sjekke tilstanden på rør.
- *Roboter* som sveiserobot brukes til å sveise sammen plater på verft eller fabrikk. Roboten har laser, så etter at den settes i posisjon skanner den området for så å stilles inn for å sveise. Deretter kan roboten fjerne slagg (rense) for så å sveise igjen. Den tilpasser seg selv hvor mange ganger den må sveise etter skanning.

Dokumentstudiet inneholdt en forenklet versjon av erfaringsoverføring fra Johan Sverdrup Phase 2 prosjektet. Der ble det blant annet oppsummert digitale aktiviteter i gjennomføringsfasen og vurdert verdiskapningen i form av kostnadsbesparelse, helse-, miljø og sikkerhet (HMS), tid- og/eller kvalitetsgevinst. Jeg har markert med gult i Tabell 12 de digitale hjelpemidler som er omtalt i det ovennevnte.

Tabell 12: Et O&G prosjekts digitale løsninger (Dokumentstudiet)

Digital activities JSP2	Contribution / value			
	Cost	HSE	Schedule	Quality
Digital Twin in construction (Echo - HoloLens and iPADS)				
Project Management Dashboard ("Common Dashboard") for Power BI				
Drone inspection against falling objects on construction site				
Engineering Dashboards - Power BI reports for Aibel engineering method to Fusion				
4D planning - Automate transfer of data				
Remote inspections - package follow-UP				
4D planning - Piping, structural & cable trays/ladders				
Fusion: Hanging Garden in Power BI for commissioning				
Aibel Construction Apps - Piping and E&I				
Semantic twin - next step				
Improved import from Project Completion system via. the Equinor Technical Information Exchange framework				
MS Teams and Collaboration				
Machine readable System Control Diagrams				
E3D / 3D model - to profile cutting robot				
Semantic twin - inline items and proof of concept + demo				
LCI – Live Master for P&ID/SCD/C&E/D&ID				
Tekla for Structural Drawing Production - Improved automation				
Wiring diagram - in STID (P1 initiative)				
Procurement reporting in Power BI ("Traffic lights")				
Direct import of supplier equipment 3D models				
Barcode Inbound Delivery warehouse Thailand & Haugesund				

4.2 FS2 – Hvilke utfordringer og muligheter byr digitalisering på under produksjon?

I og med at intervjuobjektene representerte et bredt spekter av byggebransjen, var erfaringene preget av stor bredde og kompleksitet. I det videre er det forsøkt å beskrive utfordringer og muligheter som ble påpekt på tvers og hovedtrekkene for produksjon på byggeplass. Det er verdt å merke seg at utfordringer intervjuobjektene presenterte også gjerne fremstod som en mulighet.

4.2.1 Utfordringer

For mange ulike og spesialtilpassede digitale løsninger

Ved spørsmål om intervjuobjektene hadde sett noen ulemper med bruken av dagens digitale hjelpemidler fremkom det raskt en hovedutfordring med mange ulike og til dels en rekke spesialtilpassede digitale løsninger. Eksempelvis ble det nevnt at Navisworks er bedre på store prosjekter og kontor, mens Solibri er mer spesialisert på bygg og Dalux brukes mer av fagarbeidere ute for sjekklister knyttet opp mot modell. Et intervjuobjekt påpekte at det i dag ikke eksisterer så mange verktøy som er skikkelig gode å bygge etter. Det er ofte behov for litt spesialtilpassing av løsninger som må til og kreativ bruk. Man hadde til gode å se en skikkelig «viewer» å bygge etter som alle kan bruke. Dagens løsninger er ikke som å ha med seg en tegning, så det krever mer av «software» som benyttes.

Spesielt for små og mellomstore bedrifter er det en utfordring med store programmer og programpakker som har altfor mye en ikke har bruk for, og dermed blir veldig uhåndterlige i bruk. Da kan det være bedre å ha noe som er litt mer spesifikt til det de trenger. For eksempel innregistrering hvor det ble hevdet at de kun trengte det som er lovpålagt, men de fleste digitale systemer inkluderer timeregistrering og andre ting man overhodet ikke har bruk for i en mindre bedrift. Da er det en utfordring at det er en spesifikk del av ett program man har behov for, men må betale for en stor komplett programpakke. Majoriteten i byggebransjen er små firmaer med få ansatte som gjør mindre jobber. De har i liten grad noe særlig behov for digitalisering og de har heller ikke

råd. Intervjuobjektene tror ikke det kommer en kjempe konsolidering og at bransjen vil fortsette å bestå av mange små firmaer på et hjemmemarked med lav grad av digitalisering.

Ulike plattformer

I byggebransjen er det som tidligere nevnt mange aktører, både små og store, som har forskjellige krav og behov slik at man ender opp med få som bruker samme løsning og mange forskjellige programmer. Når det er mange og fragmenterte systemer, oppleves det som en utfordring med grensesnittene mellom forskjellige programmer. Et intervjuobjekt beskrev at «det kan tidvis føles som en skog av programmer man må forholde seg til». En annen erfarte at en har mange leverandører som leverer en nesten komplett digital pakke, men du mangler en bit og må benytte et annet i tillegg. Dermed ender man opp med to verktøy som kan gjøre mye av den samme jobben, men man trenger litt fra den ene og litt fra den andre. Det verste er når man skal hente informasjon fra mange forskjellige dataprogrammer og ingen av de snakker sammen, så man må skrive inn verdier fra den ene til den andre eller ta ut i form av PDF format og legge inn i et annet system. Ulike plattformer og den lave graden av integrasjon mellom de ulike digitale løsningene kan ha sin bakgrunn i at byggebransjen er ansett å være umoden med tanke på datautveksling, åpne programmeringsgrensesnitt (API-er) og utviklere som ønsker å eie dataene selv.

Manuell inntasting

Det uttrykkes fra byggebransjen at det er mye inntasting i ulike datasystemer. Dette er veldig arbeidskrevende manuelt arbeid, som innregistrering av mannskap med utsjekk av riktig kursing. På dette området ble det også hevdet at det eksisterer mye elendige systemer på markedet, men noen bruker system som man ikke må manuelt legge inn for eksempel en rørlegger en dag og en annen rørlegger neste dag. Likevel en felles utfordring var at kurs, sertifikater og førerkort må manuelt tastes inn i innsjekkingssystemet. Det er masse lovpålagt rapportering og det formidles fra flere at tiden det tar å hente ut og håndtere data, utfylling av ulike sjekklister på papir, koding, opplasting og dokumentasjon er for mye manuelt arbeid i dag. Sparer man tid er det en gevinst så man får gjort flere ting.

Fysiske barrierer

En byggeplass assosieres med et røffere fysisk miljø og teknologi som nettbrett, droner, roboter føles skjørt i miljøet. I noen situasjoner kan det være mere hensiktsmessig med papirtegninger. En utfordring kan rett og slett være avhengighet og tilgjengelighet til digitale hjelpemidler, som nettbrett og smarttelefoner. Da kan BIM-kiosker være mer egnet, men intervjuobjektene har også erfart at fagarbeidere synes det tar mye tid å gå dit istedenfor å kunne ha en ipad tilgjengelig hele tiden. En annen tilsvarende observasjon som ble nevnt er at roboter som går rundt på byggeplasser har sine utfordringer. De kan representere en sikkerhetsrisiko og man skal være forsiktig med slike fysiske digitale hjelpemidler. En viktig forutsetning for at en byggeplass skal fungere gunstig er at logistikken med vareflyten virker effektivt, slik at man eksempelvis unngår å ringe inn hastebestillinger. Ventetid er dyrt, eller det kan bety at nødløsninger må iverksettes eller at ting gjøres i feil rekkefølge.

Lite standardisering og prefabrikasjon

Flere av respondentene hadde oppfatningen av at i byggebransjen bygger man stort sett ikke det samme huset to ganger, og det er en tendens til «å finne opp kruttet på nytt» som et intervjuobjekt uttrykte. Vi har unike prosjekter, krav endrer seg hele tiden, og da må man tenke litt nytt hver gang. Sammenligner man med en bilfabrikk eller andre produksjoner som har veldig høy grad av industrialisering og automatisering, så er det helt andre forutsetninger. Det er en rekke komponenter og moduler i både husbygging og jernbanen som er prefabrikkert, men når hvert prosjekt er litt unikt og mye er komplekst er det utfordrende. Respondentene skulle også ønske at prefabrikasjon var rettet mot demontering.

Kost-nytte

Generelt beskrev intervjuobjektene det store dilemmaet med at det er utviklet en rekke digitale løsninger og visse deler av byggebransjen har ganske høy grad av teknologi, men henter ut lite direkte effekt. Teoretisk er det utviklet løsninger for at ting skal bli bedre, men de ser at verdien av det er veldig avhengig av hvordan det brukes, implementeres og omfanget. Byggebransjen oppleves å ha lave marginer, og utvikling av programvare er en investering som gjør at bransjen er mer restriktiv og lar andre teste ut først. Man har liten tid å gå på med tanke på fremdriften sånn som systemet er lagt opp nå. Det er derfor en motvilje mot å gape over for mye uten å kunne vise til en helt klar fortjeneste. I tillegg ble det påpekt at det bare skal fungere på byggeplass, for en stopp i produksjonen er kostbart. Derfor må man ha digital byggeplass som er veldig robust og fungerer. Eksempelvis hvis en arbeider har en hjelm med AR, og knappen på hjelmen ikke fungerer og produksjonen stanser, så kan ikke byggebransjen ha det sånn. Det må være balanse mellom utstyret man bruker og det som er nyttig, såkalt kost-nytte vurderinger.

Menneskelige faktorer

Det uttrykkes fra intervjuobjektene at det er menneskelig utfordringer ved bruk av teknologi i byggebransjen, og spesielt ved implementering av nye innovasjoner er ledelsens og brukernes innflytelse og holdninger til digitalisering avgjørende. Nye prosjekter har gjerne nye aktører, og alt er nytt hver eneste gang. Det er veldig mange menneskelige faktorer som skal være på plass, og ikke bare teknologi. Alder og digital kompetanse er det flere som benevnte. Den yngre generasjonen bruker mer, lærer raskere og får til bra bruk av digitale hjelpemidler. Det skorter ofte på at programvaren ikke er enkel nok, så eldre arbeidere blir usikre og føler de knoter for mye for å få den informasjonen de trenger. De som utvikler programvarene greier ofte ikke å se for seg at det er en eldre mann med store fingre som er opptatt ute i produksjon og må komme raskt til svaret, da er det ofte lettere å bare ta opp en tegning. Dette så man i starten med digital armering. Når du tenker på en jernbinder bas som er vant til å bruke en tegning på papir på byggeplass, for så å gå over til å ha alt digitalt er en ganske stor terskel. Man må både arbeide og lese ting på en annen måte, som krever litt tid og tilvenning. Et annet aspekt benevnt var at det er mye utenlandsk arbeidskraft og mye innleie fra bemanningsbyråer. Dette gir ikke nødvendigvis eierskap til produktet og selskapet. Med mange involverte som skal gjøre praktisk arbeid er det ikke nødvendigvis det digitale som er i fokus for alle arbeidere.

Endringsmotstand og -kultur

Digitalisering er som nevnt mer enn teknologi, og en gjenganger benevnt i intervjuene er utfordringen i byggebransjen med endringsvillighet og implementering av digital teknologi. Et intervjuobjekt mente at noe av problemet er at man bytter digitalt hjelpemiddel og så må det nye læres eller kanskje produktet ikke er ferdig utviklet, men under endring. En annen påpekte at jo flere programmer du har, jo mere utvalg har du. Litt tungvint når du bytter mannskap og må bruke tid på å implementere og lære opp i nytt verktøy. Samtidig er det en fordel hvis noe skulle streike at har du en alternativ plan B og C løsning. Det er alltid vanskelig å implementere et nytt produkt eller en ny prosess. Det er vondt og vanskelig å endre seg. Vondt når noen sier at det du har gjort i 20 år ikke er smart lenger. Det er ikke så lett å endre vaner som for eksempel på telefonen hvis en knapp endres kan man venne seg raskt til endringen på grunn av høy bruksfrekvens. På byggeplass derimot kan det gå lang tid mellom hver gang en repeterer den gitte endringen og det kan dermed være utfordrende å venne seg til. Kombinert med at det finnes så mange verktøy, så må man se på de gode prosessene påpekte en respondent. Teknologi hevdes å ikke ha verdi hvis den ikke er implementert riktig. Før var det mere sånn at «her har jeg en løsning, og så skulle man gi den til noen som var gode til å bygge, men de klarte ikke nødvendigvis å hente ut gevinsten» sa et intervjuobjekt. Brukeradopsjon og implementering har vært en utfordring. Utfordringen har ifølge en respondent vært hvorfor skal man bruke nye digitale løsninger og hva er

gevinsten? Mange skryter av hva de har fått til som eksempel robothunden Spot (Boston Dynamics), men flere hevder den er en dyr og fin reklamekampanje som ikke har noen reell verdi. Vi var litt mere «triggerhappy» før på å bytte ut og gjøre valg som man ikke helt visste om var verdifulle. Implementering må tas stegvis. Det er en vanesak og en holdning man må endre for å få implementert ny teknologi.

4.2.2 Muligheter

Redusere og konsolidere programmene/systemene

I dagens situasjon med mange ulike og til dels spesialtilpassede digitale løsninger ligger det også flere muligheter som intervjuobjektene beskrev. Det oppleves av flere at byggebransjen ikke har en utstrakt bruk av 3D modellen og kan integrere den bedre, gjøre modellen bedre og mer anvendelig for byggeplassen for den skaper økt forståelse og eliminerer faren ved å arbeide på en gammel tegning. En respondent hevdet at BIM 360 muliggjør mindre opp- og nedlastning, samt at alle har et felles område hvor det siste underlaget ligger. De tilrettelegger så entreprenører kan velge både Navisworks og Solibri modell. En annen respondent påpekte at det har mye å si hvor ofte modellen blir oppdatert. Navisworks er relativt standard, men Dalux har mye manuelt oppsett basert på eksterne og interne krav. Mange fagarbeidere synes det er fordelaktig med BIM modell fordi det er lettere å få oversikten. Det er ikke en bred bruk av 3D/BIM i dag, og det ligger forbedringspotensial for byggeplassen med å økt bruk av BIM, redusere og konsolidere programmene. Færre og bedre synergier mellom forskjellige programmer og løsninger vil også gavne de mange små og mellomstore bedriftene i verdikjeden. Da unngår man, som et intervjuobjekt beskrev, å lære opp underentreprenører i en rekke ulike systemer og betale for store programpakker.

Felles digital plattform (sømløst grensesnitt)

Det er flott at det finnes konkurranse som kan være med på å gjøre programvaren bedre, men det gjør det jo også veldig forvirrende hvis man er bruker av mange forskjellige. De er ikke så interessert i å lære seg alle programmene, for det skal bare fungere på byggeplass. Derfor er det veldig viktig å ha standardiserte data og åpne formater. Flere av intervjuobjektene hadde gode erfaringer med bruk av åpne API-er som gir direkte tilgang til data og funksjonalitet i et datasystem, men det ble uttrykt et behov for ytterligere videreutvikling til færre grensesnitt og felles sømløs digital plattform. Det ønskes at dataene flyter på tvers og skal ikke ha fem til ti systemer og innlogginger for å se status på maskinparken. Det kan stilles krav til dette i kontraktene slik at man for eksempel kan strøme data på betongkvalitet og temperatur direkte inn og ikke noe skal punches manuelt. Intervjuobjekter beskrev at ideelt sett skulle det ha vært slik at man kunne hatt hele arbeidsflyten inne i modellen. Det er viktig fremover at programvarene blir enige om formater og API-er som gjør at de prater godt sammen. Den åpne standarden BCF-API, for å håndtere BIM prosjekter, blir mere og mere brukt nå. For eksempel for å få Solibri til å snakke med BIM-Collab eller BIM-Trac, som er en slags server, som igjen snakker med programvaren Revit. De prosjekterende snakker internt mellom seg ved bruk av de samme formatene. Videre mente respondentene at det er muligheter i å utvikle gode standarder og formater som gjør at alle disse spesialist programvarene kan prate godt sammen. I dag merker ikke alle så store problemer med at programmer ikke snakker sammen, for eksempel BIM, IFC og BCF fungerer godt sammen. Derimot 4D som eksempelvis Synchro snakker ikke så godt med andre programmer. Det hadde vært interessant om Synchro kunne snakke med et program som kunne ha gjort utsjekk i felt f.eks. OpenSpace eller et annet program som kunne ha dokumentert at jobben var gjort. Intervjuobjektene tror slike sammenkoblinger kommer mere etter hvert og brukerne kommer til å kreve mere kommunikasjon mellom programvarer. De påpeker så godt som alle sammen, at en felles digital plattform med sømløse programmeringsgrensesnitt, er veien å gå for byggebransjen.

Automatisere

Mye manuell inntasting er en utfordring flere intervjuobjekter beskrev. Samtidig pekte de på flere løsninger som at digitale sjekk- og arbeidslister reduserer papirarbeid, er ferdig

utfylt idet bygging avsluttes, slik at man unngår å fylle ut manuelt i ettertid. Automatisering for å effektivisere administrativt arbeid, som rapportering, ble spesifikt nevnt som et forbedringspotensial. Med masse lovpålagt rapportering, er det mange manuelle prosesser som kan digitaliseres, slik at man kan bruke mindre tid på rapportering og mere tid på bygging. Et intervjuobjekt foreslo for eksempel at om man putter inn krav, hadde det vært fint om føringer hadde gått automatisk. Det hadde også vært en forbedring om bruk av OpenSpace eller skanning hadde vært automatisk registrert i forhold til dokumentasjon på hva som er utført.

Den oftest nevnte muligheten var å automatisere for å unngå slitasje på enkle, tidkrevende og repetitive oppgaver som kjerneborring. En helautonom robot som kunne blitt programmert til å kjerneborre, hadde spart personell for slitasje og tid. En respondent nevnte et annet (lignende) eksempel hvor et firma utviklet en robot som borer hull i dekke. Det bidro til færre yrkesskader, bedre nøyaktighet og oppetid, men ikke færre folk, fordi alle disse robotene krever overvåkning. Det ble også påpekt at det tok firmaet veldig lang tid med å lykkes, fordi de ikke forstod verdikjeden, da denne typen arbeid gjerne settes ut til en underentreprenør og entreprenøren derfor ikke er interessert i å betale for denne roboten. Det hevdes også at det er dyrt å utvikle autonome maskiner (som behøver en helt ny type ansatte) og en vanlig maskin kan driftes lenger.

Funksjonell digital byggeplass

Fysiske barrierer er en utfordring og ulempe for digitalisering av produksjon på byggeplass. Motstykket er muligheten som fremstår i å etablere funksjonelle digitale byggeplasser, spesielt der hvor man har tilgang til nett. En respondent påpekte at BIM-kioskene er et absolutt must for de utførende. De har fasiten på det de skal gjøre. Mange entreprenører bruker både iPad og telefon, men fordelene med arbeidsstasjonene er at de håndterer store bygg, som telefonen og nettbrettet ikke nødvendigvis hadde klart. Flere av intervjuobjektene tror AR-teknologi kommer til være nyttig og i større grad enn VR. AR til produksjon kan bidra med støtte til bedre nøyaktighet, mens VR er mere egnet til prosjektering. En annen respondent ser for seg bruk av AR på iPad til å måle «live».

Det er mennesker som kontrollerer teknologien om det er droner eller roboter, men det er store potensialer ved å digitalisere og som et intervjuobjekt sa det «setter du et par IT-konsulenter ute på byggeplassen hadde de hatt arbeid i flere år for det er mye å ta tak i med relativt liten innsats». Eksempelvis bruke roboter til å skanne byggeplassen for å kunne vise fremdriften (sammenligne modell og plan). Droner som flyr rundt og overvåker, passer på bruk av verneutstyr og at ingen som ikke skal være der er på byggeplass. For effektiv vareflyt og utnyttelse av teknologi gir Cobuilder Collaborate en mulighet til lettvinnt å legge alt du handler inn i system. Man får opp varseltrekanter som for eksempel kan si om produktet krever bruk av hansker eller informasjon om bruksområdet. Det er små funksjonelle forbedringer for produksjon på byggeplass sammenlignet med å måtte lese på forpakningen. Sett fra et tids- og HMS-perspektiv så ble også droner nevnt som en forbedring. I dag er det veldig hensiktsmessig for skanning av bakken sammenlignet med tradisjonell landmåling, men droner kan også gjøre kontroller i høyden. Et intervjuobjekt tror det kommer mer av droner til høydemåling når fjell skal fjernes for det var nyttig og en annen påpekte at det er nyttig med droner til innmåling av terreng.

Standardisering og prefabrikasjon

For mer automatisering tror en respondent at det er nødvendig å standardisere mer. Byggebransjen har som nevnt mange involverte og forskjellige kunder har forskjellige krav som gjør det vanskelig å standardisere, men å standardisere flere løsninger hadde vært en kjempe gevinst. Byggebransjen bygger på forskjellige steder og mere prefabrikasjon gir muligheter til å automatisere og strømlinjeforme produksjonen. Montering av prefabrikasjon er raskere enn tradisjonell bygging. Det erfares som en mer effektiv produksjon på byggeplass.

Gevinstrealisering

«En app løser ikke nødvendigvis noe, men er en muliggjører og digitalisering kan understøtte at vi blir mer effektive» sa et intervjuobjekt. Flere respondenter ga uttrykk for at digitale løsninger måtte ha en reell verdi og fungere på byggeplass. Gevinstrealiseringen må ikke nødvendigvis dreie seg om kroner og øre, men som et intervjuobjekt påpekte kan digitalisering bidra masse til økt forståelse med forskjellige verktøy. På tegninger kan det være vanskelig å se alt hva man skal gjøre som 3D armering, hvor det er lettere å se på en digital modell enn i en tegning på et plan. På mindre komplekse byggeprosjekter har det kanskje ikke like stor gevinst og en plantegning kan fungere like godt. En annen type gevinstrealisering kan være en digital løsning som Synchro til visualisering av fremdrift. Det påstås at byggebransjen alltid har kommunikasjonsproblemer, forskjellige språk, folk som tenker forskjellig og ikke snakker godt sammen. Hvis arbeidet er komplekst og man har prosjektert og tegnet i 3D, kan det være nyttig å bruke dette på byggeplass for å bedre forstå det som skal bygges.

Brukerstyrt og kompetanseutvikling

Utfordringene med menneskelige faktorer som eldre arbeidere, språkbarriere og lite brukervennlige programmer, kan løses på flere måter. Først og fremst ble det påstått at om brukere involveres i å utvikle de digitale hjelpemidlene så vil de intuitivt fungere bedre. Et intervjuobjekt uttrykte at det beste er om byggebransjen deltar aktivt i å snakke med programvareleverandørene så man kan være med å utvikle. Slik som på Fornebubanen er det fint med «start-ups» som man kan forme litt, så kan de levere betaer og man får det tilpasset. Når verktøyene blir mer etablert, blir det mere en standardpakke hvor det er vanskeligere å få gjort spesialtilpasninger. Det viktigste er egentlig at de på byggeplassen kommer med tilbakemelding om hvordan de vil ha det.

Den andre store muligheten ligger i mye og bedre opplæring. Et intervjuobjekt hevdet at det er fordelaktig med økt standardisering av programvaren, og viktig at programmene er intuitive og færre å lære seg. Videre ble det påpekt at det er et spørsmål om hvor mye og hvem man skal læres opp. Her var en løsning, som en annen respondent foreslo, å kjøre kursing for å få superbrukere som er varige i et prosjekt så de kan lære bort videre. Videokurs og «step-by-step» maler som folk kan bruke er også et alternativ. Et annet poeng nevnt var at det er mange muligheter for å få gode programvarer til bruk ute på byggeplassen, men det er en fordel om også de som sitter på kontoret får en skikkelig god innføring i bruken.

Endringsledelse

Det er en utfordring i byggebransjen med endringsmotstand mot å implementere nye digitale løsninger. Som flere intervjuobjekter uttrykte er det også mange som ønsker å gjøre ting som vi alltid har gjort. De er ikke sikre på hva som er årsaken, men man driver jo med et fagområde som har en stolt tradisjon og det å omvende folk tar tid. Det er ikke bare å jobbe på en helt annen måte. En annen grunn kan være at et byggeprosjekt varer over litt lengre tid så det å ta med deg erfaring til neste prosjekt og hele tiden forbedre deg, tar litt lengre tid når det kan være flere år til neste prosjekt. En respondent påpekte også at det er ikke akademikere som er ute og bygger og man må tenke litt hva som er enklest og ha en praktisk orientering. Da er det lettere å få det til å fungere. Endringsledelse og -kultur starter fra toppen og hele prosjektet med underentreprenører må være med. Det må være god stemning rundt ny teknologi og ikke være negativ endringskultur. Endringen må ikke møte noen sperrer med tanke på hvem som skal betale for å kjøpe inn en digital løsning. Implementeringen kan feile, men man må være positiv til digitalisering og åpen for endringer. Eksempelvis brukte et elektrofirma Dalux til sjekklister på et jernbaneprosjekt, men ikke modellen. Da de ble spurt om modellen hadde de ikke kjennskap til den, men de uttrykte at de kunne tenke seg å bruke den. Da har man på en måte sådd et frø, selv om man kanskje ønsker at de skal spørre deg og ikke omvendt. Det blir kanskje gjort litt sånn fordi du ønsker deg at de skal digitalisere seg, men det er en kombinasjonssak og man må spille litt ball begge

veier. Et intervjuobjekt sa at de er som regel åpne for nye løsninger, spesielt på ting som sparer slitasje på mannskap er veldig gunstig for flere parter.

4.2.3 Utfordringer og muligheter i oljebransjen

Intervjuobjektene fra oljebransjen fikk de samme spørsmålene som byggebransjen om utfordringer og muligheter for økt digitalisering under konstruksjon på byggeplass. Fra deres perspektiv var det mange likheter med erfaringene til byggebransjen, men også noen ulikheter og nye innspill. I tillegg pekte dokumentstudiene på verdiskapningen av en rekke digitale aktiviteter i gjennomføringsfasen.

I likhet med i byggebransjen er det ikke noe mål i seg selv å bli mest mulig digital i oljebransjen heller. Oljebransjen har også et røft fysisk miljø og det er kritisk å få stopp i konstruksjonen som har en kostnad, så digitalisering må fungere og man må ha nettverk. Den fysiske barrieren det er å ikke ha tilgang til nett og dekning for digitale løsninger, er også en utfordring for oljebransjen. Ting må virke bra ellers vil ikke arbeiderne bruke det. Hvis innlogging er komplisert eller flere brukere deler ipad så kan det bli tungvint å sette opp på nytt ved bytte av bruker. Oljebransjen er også avhengig av å ha kraftig nok utstyr og få levert tilstrekkelig med eksempelvis ipad til en funksjonell digital byggeplass. Dokumentstudiet kalte «en ipad/iphone er for en digital feltarbeider det samme som en hammer for en bygningsarbeider i deres daglige arbeid og de må bli kjent med hammeren sin».

Oljebransjen savnet også å digitalisere rapporteringsdelen. Det skulle gått litt mere direkte fra «gutta på gulvet» istedenfor at en formann skal melde alt. Da blir det forsinkelse for formannen har ofte så mange oppgaver og mange mann å lede, slik at vedkommende kan slite litt med å vite hvor langt arbeidet har kommet. Ved å digitalisere rapportering direkte fra arbeiderne, så er det lettere å ha kontroll på fremdrift og plan – ikke minst få betalt for det som er gjort fortest mulig. Et intervjuobjekt hevdet videre at i dag er det utfordrende med mye manuell rapportering som veldig enkelt kunne vært på en app på mobilen.

Den menneskelige faktoren er absolutt til stede også i oljebransjen. Det kreves både en del opplæring når man skal starte å bruke nye hjelpemidler som krever litt tid og man må bruke det for å lære. I likhet med i byggebransjen er det litt lettere med yngre folk. En respondent erfarte at formenn som ikke tok det i bruk følte seg litt forbigått, fordi de unge hadde bedre kontroll på grunn av de digitale løsningene. Da bestemte noen av formennene seg for å lære det likevel. Tilsvarende opplevde en annen respondent at det er litt lettere å lære HoloLens for litt yngre brukere. Erfaringen er at det er lettere å ta i bruk 3D modellen enn HoloLens. Det er en del opplæring for å lære sveiseroboten også, og stopper den så må det komme teknikere for å fikse og det er et eget firma. Hvis 3D modell eller HoloLens henger seg er det kortere tid før det kommer noen som kan få orden på dem. En annen utfordring med HoloLens er at det er litt planlegging og ikke bare å ta den på seg, for man må stille inn og tilpasse etter der man står på byggeplass og dette krever litt opplæring. Et intervjuobjekt påstod at HoloLens er dyrt, høy brukerterskel, mye jobb å ta i bruk og usikkert hva man får ut av det. I det hele tatt er det vanskeligste å implementere de tiltakene man ikke ser gevinsten av med en gang. Gevinsten kan være stor, men du ser den ikke før langt frem i tid og andre ganger kan det være utfordrende å se en besparelse. Tvert imot er det en utfordring at det stadig vekk byttes ut med nye verktøy. Da må man begynne litt på nytt å innarbeide det nye og kan ikke dra med seg erfaringer fra tidligere verktøy, istedenfor å utvikle det man har som fungerer.

Flere av intervjuobjektene fra oljebransjen beskrev mulighetene digitalisering byr på under produksjon tilsvarende som byggebransjen. En funksjonell byggeplass har en rekke digitale løsninger tilgjengelig ute på byggeplass slik at en unngår å løpe frem og tilbake til kontoret, men har tilgang til alle dokumenter, lavt brukergrensesnitt, kan signere ut oppgaver, brukes til rapportering og så bare begynne på neste oppgave. Ved å

ha nettbrett på byggeplass tillates data i systemet for ferdigstillelse å være «real time» og supporteres med bilder og video. Inspeksjonene kan utføres «remote» med video av høy kvalitet, som reduserer reiseaktivitet. Nettbrett fjerner behovet for å skrive ut nye tegninger ved hver oppdatering, sikrer kvalitet ved alltid å ha oppdaterte data.

Intervjuobjekter trakk frem at digitale hjelpemidler effektiviserer og bedrer produktivitet, kommunikasjon og forståelse. For eksempel er det en fordel at digitalisering kan øke grad av detaljering i forberedelsene av et arbeid ved å se digitalt. Ved bruk av Ayelix kan man se på tilstanden til eksisterende bygg, zoome inn på enkeltdetaljer og se om tegning stemmer med virkeligheten. Eksempelvis kan man zoome inn for å se på ventiler, rør og om det trengs maling eller bare gjøre seg kjent med arbeidsplassen. For modifikasjoner offshore er det en mulighet for å spare en person på å reise ut for å se en enkelt detalj. Spesielt når prosjektering sitter i Oslo og byggeplassen er på Stord og man trenger å se informasjon om tilgang til et instrument, kan man benytte digitale hjelpemidler til å sjekke istedenfor å ringe noen eller reise dit. Det ble påpekt at Ayelix er et relativt billig hjelpemiddel som er svært brukervennlig og har stor effekt. Videre ble det understreket at hjelpemidler ikke trenger å være store og dyre, men at noen ganger har relativt billige og enkle hjelpemidler større nytteverdi.

Oljebransjen uttrykte at digitale løsninger som Echo, HoloLens, droner og roboter er fordelaktige for økt produktivitet på byggeplass. HoloLens kunne de bruke for å sjekke om stillaset stod riktig eller om det måtte bygges om før de løftet utstyr inn. Et annet bruksområde er før montering av ny seksjon hvor man går over seksjonsskjøten som allerede var montert og eventuelle kollisjoner i forkant, og dette var veldig tidsbesparende. HoloLens har også vist seg nyttig i forberedelsene til maling og utsjekk etter at jobb er utført om man har fått med alt som skal monteres og om det er montert rett. Som vist på Figur 7 under, har det digitale hjelpemiddelet påvist at lokasjon på utstyr, som her «trimmer» står feil i forhold til modell. Noe som er viktig å oppdage og utbedre før man begynner på maling og ferdigstillelse. På den måten unngår man dobbeltarbeidet med å fjerne feilaktig påført maling for deretter male på nytt etter utbedring.



Figur 7: Identifisert feil via HoloLens (Dokumentstudiet)

Muligheten til å bruke HoloLens til «remote» inspeksjon har også vist seg veldig fordelaktig, fordi den digitale løsningen har høy kvalitet og er interaktiv med tegninger og tilgang til dokumenter. Det gir en opplevelse av virkelighet og å være til stede på byggeplass, som reduserer reisevirksomhet og dermed gir lavere karbondioksid utslipp.

Intervjuobjektene påpekte at droner har vist seg nyttige på byggeplass i oljebransjen. Tradisjonelt var det klatrere som inspiserer i høyden og de kunne bruke en hel dag på å sjekke flammesystemet, mens i dag kan man sende opp en drone på noen få minutter. Droner kan også sjekke inni store tanker eller andre områder hvor det er krevende tilgang. Slike tiltak sparer man også på med en gang man implementerer. I tillegg til at det er tidsbesparende, bedrer det HMS ved å redusere farer for hendelser. Tilsvarende ble uttrykt for bruk av roboter på byggeplass med mulighet for større grad av standardisering og masseproduksjon, og mindre slitasje på arbeidere.

Tilsvarende som byggebransjen ble det understreket viktigheten av å ha med seg sluttbruker så tidlig som mulig og oppmuntre om å gi tilbakemeldinger til utviklere. Lokale superbrukere er fordelaktig til opplæring av personell på byggeplass. De forstår status på byggeplass, oppgavene og arbeidet, samt har mer tillit blant arbeiderne enn et «digitalt team» kan oppnå med større distanse. Erfaringen tilsa at det gjelder å finne superbrukere blant de yngre, entusiastiske og nysgjerrige med noe digital kompetanse.

Intervjuobjektene i oljebransjen påpekte den samme oppfatningen om at digitalisering dreier seg like mye om en endringskultur som teknologi, og støtte fra toppladelsen er en nøkkel til suksess. Forskjellen mellom bransjene ble påpekt i begge leirene å være at de digitale programmene syntes å være litt mer konsolidert i oljebransjen. Ved at programvaren er mer standardisert kan man industrialisere, bygge ut raskere og hente ut mer effekter. Oljebransjen utnytter også bedre muligheten til å prefabrikkere og sammenstille på verft, frakting via sjøen setter også mindre begrensinger for prefabrikasjon enn frakt via veien. En respondent hevdet at man har ett hovedprogram Echo og der er det linker til andre programmer du skal bruke som gjør det lettere. Det er

ikke så mange av programmene som trenger å snakke sammen, men ferdigstillelsesprogrammet Procosys som snakker godt sammen med 3D modellen er viktig. Så hvis det legges inn et punch-punkt i Procosys så legges det samtidig inn i 3D-modellen. Intervjuobjekter opplevde ferdigstillelsesprosessen i et felles system Procosys som en muliggjør til systematisk testing på tvers av aktører i verdikjeden. Felles digitale team kan raskere oppdage feil og spare omfattende utbedringsarbeid ved raske beslutningsprosesser fordi partene samarbeider om verdiskapning for begge, benevnt som «shoulder to shoulder». Det at byggherre, (operatøren) i oljebransjen, også skal drifte anleggene ble påpekt å være en fordel. Det er fordi byggherren i oljebransjen grunnet dette, muligens følger opp kontraktører/leverandører (entreprenører i byggebransjen) på en tettere måte enn hva byggebransjen gjør. Sist, men ikke minst, ble det bortimot unisont hevdet fra byggebransjen at oljebransjen «vasser i penger» som muliggjør digitalisering på byggeplassen og å hente ut gevinster fra implementeringen i større grad enn byggebransjen.

4.2.4 Resultater FS2 – Utfordringer og muligheter med økt digitalisering under produksjon

Fra intervjuene og dokumentstudiene viste det seg at det var mange sammenfallende utfordringer og muligheter som digitalisering byr på under produksjon på byggeplass. I Tabell 13 har jeg forsøkt å oppsummere hovedfunnene basert på fellesnevnerne fra intervjuene som er forsøkt kategorisert.

Tabell 13: Resultater FS2 - Oppsummering av funnene

Utfordringer	Muligheter
<ul style="list-style-type: none"> • Mange og fragmenterte systemer • Ulike plattformer • Manuell inntasting • Fysiske barrierer • Lite standardisering og prefabrikasjon • Kost-nytte • Menneskelige faktorer • Endringsmotstand og -kultur 	<ul style="list-style-type: none"> • Redusere og konsolidere systemer • Felles digital plattform • Automatisere • Funksjonell digital byggeplass • Standardisering og prefabrikasjon • Gevinstrealisering • Brukerstyrt og kompetanseutvikling • Endringsledelse

4.3 FS3 – Hvordan kan man jobbe for å utnytte digitalisering under produksjon på en bedre måte?

Intervjuobjektens perspektiv på hvordan man kan bedre utnytte digitalisering på byggeplass, representerer deres syn på hvordan digitale hjelpemidler kan videreutvikles og hva slags type løsninger de tror vi vil komme til å se mer av i fremtiden. Ikke minst hva de ser et behov for og hvilke områder de ville ha satt søkelys på. På mange måter presenteres funn fra intervjuene og dokumentstudiet som en videreutvikling av muligheter sett i en lengre horisont. Jeg har derfor strukturert resultatene etter inspirasjon fra muligheter, men noen områder grenser i stor utstrekning over i hverandre.

Redusere og konsolidere programmene/systemer

Færre og bedre synergier mellom de mange forskjellige programmene og løsninger ble uttrykt som en mulighet. Byggeplassene kan gavne av at flere av aktørene øker bruk av 3D/BIM modell og flere koblet dette opp mot maskinlære og håndtering av store mengder data for videreutvikling. Et intervjuobjekt ønsket bruk av 3D modell til målsetting og at når endringer skjer på grunnlaget, er det verktøy som håndterer data raskt, kan filtrere og huske hva du så sist og visualisere endringen i modellen. Fremover er håpet at man slipper å gjøre ting flere ganger og at maskinlære kan utnyttes slik at ting tilpasser seg litt mere. Da er det behov for kraftigere motorer som i spillindustrien

og den teknologi de har der som ligger langt framme. En respondent så behov for å lette administrasjon ved at fremdriftsplaner i MS Projects kom automatisk inn i kalenderen. Dette kan videreutvikles til å koble fremdriftsplaner opp mot bestilling av varer og konsolidere med kalender. Eksempelvis hvis du planlegger at vinduet skal monteres en viss dato kunne det vært felter for når de må bestilles.

Felles digital plattform (sømløst grensesnitt)

Fra intervjuobjektene perspektiv er det behov for en videreutvikling mot å redusere antall systemer, men ikke minst forbedre samhandlingen med API-er som kan snakke sammen. En respondent har ikke tro på at man får et program som klarer alt, men kanskje et som klarer mye og snakker med flere andre. En annen ser for seg at store og brede programmer ikke blir spesialiserte nok og at det derfor er mere hensiktsmessig med mindre spesialistprogrammer som kan kobles sammen. Uansett settes det søkelys på å optimalisere produksjonen ved sømløst digitalt samarbeid i verdikjeden, og som et intervjuobjekt påpekte at utviklerne ikke må glemme infrastruktur prosjekter. Det ble også uttrykt at det hadde vært lettere å strømlinjeforme byggebransjen om alle arbeiderne under produksjon var egne ansatte. På den måten ville byggeplassen kunne utvikles mere som en type fabrikk med samlebånd og mere gjentatte arbeidsoppgaver med felles digitale hjelpemidler og produkter som fungerer for flere i bransjen. På lengre sikt er ønskene mer visjonære som en respondent som kunne tenke seg en ipad eller «et ark som er digitalt» og kan brettes i lomma, så når det brettes ut får man enkelt modellen i 3D eller de snittene man trenger. Alt hadde vært sømløst mellom 2D og 3D, slik at man får det beste fra begge verdener. En annen respondent bruker MS Project til å simulere fremdrift, og ønsker seg å implementere i BIM modellen som en slags 4D BIM slik at man kunne se i tid hvor langt man har kommet i forhold til hvor man skulle vært.

Automatisere

Til tross for reduksjon og konsolidering av programvare så pekes det generelt på behov for en videreutvikling mot mere automatisk overføring av data for å unngå manuelle prosesser. Troen er sterk på økt bruk av maskinlære og håndtering av store mengder data for å unngå manuelle prosesser. Den utvikling vil også medføre mere behov for de som kan programmering som «scripte» små tilpasninger for å heve standarden, og «big data» er veldig sårbar for «hacking» så det blir mer søkelys på datasikkerhet og personvern. Mere automatisering, og spesielt av generisk oppgaver, vil forhåpentligvis redusere arbeidsbelastningen på den enkelte. For eksempel tror man det går mere mot at løsningene er å trykke på en knapp og alt blir mere lett tilgjengelig der man er. Man må bare passe på at man har med seg de riktige digitale verktøyene, slik man i dag er nærmest avhengig av å ha med mobiltelefon.

Funksjonell digital byggeplass

Videreutvikling og bruk av ny teknologi tror flere av intervjuobjektene vil gå på elementer som er veldig repetitive og eller kan redusere personsikader. Et intervjuobjekt pekte her på industrialisering og robotisering av repetitive oppgaver. Et annet på at det hadde vært fint å få varslinger på at arbeid er risikofyllt som at mobilen kunne si ifra om det er strøm i en kabel for eksempel i jernbanesektoren som har mange strømskader. Da er det økt behov for sensorer som kan melde ifra.

Generelt var det litt divergerende syn på utviklingen av digitale hjelpemidler som roboter og HoloLens. Flere intervjuobjekter så ikke for seg en arbeidsplass full av roboter, men kanskje mere anlegg med selvkjørende biler og lignende der det ikke er så mye folk. Robot kunne de se for seg istedenfor prosjektingeniøren med kamera på hodet (OpenSpace) og har testet hunder fra Boston Dynamics som man kanskje kunne hatt kamera på. De hadde heller ikke så tro på HoloLens, selv om potensialet er stort, for skeptisk til om teknologien greier å bli nøyaktig nok til å ha reell verdi. Intervjuobjektene hadde mere tro på AR på ipad for tilnærmet like stor verdi, bare lettere og billigere løsning. Andre påpekte at roboter var fremtiden for opplastning av data og dokumentasjon. For repetitivt manuelt arbeid kan en robot spare mye tid ved at den kan

programmeres til å vite hvor den skal hente data fra og hvor den skal laste det opp. Tilsvarende var det altså varierende tro på digitale løsninger av type HoloLens. En respondent bruker mobilen i dag og da blir det zooming og må vende riktig vei så har tro på at HoloLens hadde vært praktisk til for eksempel kollisjonskontroll. HoloLens bidrar ikke nødvendigvis til noe mere enn økt forståelse, eller gi innsikt i hva som skal bygges til byggherre eller entreprenør ved oppstart. «HoloLens er veldig dyrt og har kort batteritid, og har derfor liten effekt» hevdet et intervjuobjekt og hadde mere tro på å videreutvikle AR-verktøyet Sitevision for å innlemme 3D-modeller gjennom kamera på telefonen.

På fremtidens digitale byggeplass så intervjuobjekter for seg at droner har en verdi og blir mer vanlig å se spesielt i infrastruktur sektoren. En drone kan skanne området og gjøre arbeidsdagen lettere sammenlignet med om man må sette ut en arbeider til oppgaven. Dette er en vinning for miljøet og kostnadsbesparelse. Drone som kjører rundt og tar bilder av fremdrift hevdes å bidra til at dokumentasjon og statusrapportering går fortere, så videreutvikling og effektivisering av det vi allerede har er nyttig. Teknologien går fremover og spørsmålet er når man skal gå over til ny teknologi/nytt produkt.

Standardisering og prefabrikasjon

Som en respondent hevdet er det nok lettere å digitalisere på fabrikk, og å standardisere flere løsninger muliggjør automasjon og prefabrikasjon. En annen påpekte at standardisering må gjøres på fabrikken for så å fraktes bort, for da har man minst mulig nedetid og mest mulig oppetid. Fra intervjuobjektene perspektiv var det derfor mange som pekte på at utnyttelse av digitalisering på byggeplass vil skje gjennom økt standardisering og mere prefabrikasjon. En uttrykte at modulbaserte bygg åpner opp for økt grad av prefabrikasjon. Med mindre manuell produksjon på byggeplass og mere prefabrikasjon kan veitransport bli en begrensning. Intervjuobjekter mente det er vanskelig å si hvor mye mere prefabrikasjon og automatisering det blir i fremtiden. Det er veldig mye søkelys på planlegging i bransjen og dette med å industrialisere i form av for eksempel taktplanlegging. Det er på en måte repeterende sett med arbeidsoppgaver som går gjennom byggeprosessen, litt adoptert fra bilbransjen. Flere av intervjuobjektene påpeker at standardisering kan være en stor fordel, men at de tror at det kan være svært utfordrende å overtale blant annet arkitektene til å gå med på det. Det ble uttrykt at kanskje en løsning er å i større grad standardisere byggene, men isteden gjøre spennende ting med fasaden.

Gevinstrealisering

Kost-nytte effekten for videreutvikling av digitale hjelpemidler dreier seg i stor utstrekning om penger og at man må klare å se den økonomiske nytten av å digitalisere. Det tar mye tid å innhente og håndtere data, og det er et stort pengesluk. Det koster penger å utvikle og å hente inn kompetanse. Byggebransjen er en bransje med hard konkurranse og små marginer og hevdes å ikke ha de ressursene de har i oljebransjen. Det koster penger å feile med tanke på innovasjon. Når man har valgt å gjøre det på en måte er det ikke noen vei tilbake. Eksempelvis digital armering om man har begynt å tilrettelegge for å bruke det så har man egentlig ikke muligheten til å gå tilbake til bøyelister, bestille på vanlig måte og ta ut vanlige armeringstegninger. Hvis digital armering feiler på en stor betongjobb har man et stort problem, også fremdriftsmessig for man får dagbøter på å ikke klare å levere bygget til avtalt tid.

Noen av intervjuobjektene omtalte at fremtiden også vil dreie seg om søkelys på miljø og bærekraft. En respondent tror at gjenbruk blir mere og mere i vinden fremover. Det er kunden som setter ting i fokus og hvis politikken dreier seg i en retning er det gitt at alle andre følger etter, spesielt på miljø. De endringene som gjøres har ikke effekt med en gang, men lengre frem i tid og det samme gjelder for digitalisering. Et intervjuobjekt sa videre at hvis det ble satt av en liten sum i kontrakten til innovasjon, slik det blir satt krav til miljøtiltak, kunne det hatt en positiv effekt på digitalisering i bransjen. Slik kunne

entreprenører til dels sluppet å bruke av allerede små marginer for å innovere og digitalisere.

Kompetanseutvikling

Når det gjaldt kompetanse og videreutvikling for å utnytte digitalisering på byggeplass på en bedre måte var det heller lite som intervjuobjektene kom med. Det nærmeste var at det kan være lettere å omstille eller teste noe nytt på en fabrikk enn å spre det rundt på forskjellige byggeplasser fordi det kan ha store konsekvenser om noe feiler. Det er ikke alltid man klarer å avdekke alt før man oppskalere det, og plutselig trenger man en hel avdeling til support. På den annen side hvis man prøver noe nytt på en liten garasje tar prosjektet og piloten kort tid, men er kanskje ikke oppskalert nok til å vite hva som skjer på et større prosjekt. Det er noe med den tiden et prosjekt tar som kan være et lite hinder til innovasjon. Hvis det tar to år til man skal gjenta kan mye skje med programvaren, utviklingen og personen. Så skal man gjøre ting relativt likt må man ha et kvalitetssystem, og flere respondenter tror det er lettere å drive innovasjon i kontrollerte omstendigheter som på en fabrikk.

Endringsledelse

Med en driftsholdning om at «sånn gjorde vi det før, det funket og det funker i dag» er det ikke underlig at byggebransjen henger etter. Bransjen har begynt å se på problemstillingen. Et intervjuobjekt hevdet videre at man må sette føringer som en del av konkurransegrunnlaget, samt at flere aktører i verdikjeden må bli med på utviklingen. Bedre utnyttelse av digitalisering på byggeplass er ikke bare opp til en enkelt aktør. Det er greit at man er konkurrenter, men aktørene må samarbeide for det gjør at det blir robust. Folk flest har ofte fokus på de ulempene når man implementerer noe nytt, men man må også vise hva det positivt kan generere. Det må være gjennomtenkt når man gjør en endring og man er avhengig av hvilken brukergruppe man møter for hvordan man skal ordlegge seg. Sist, men ikke minst, hevdet respondenter at dette er noe bransjen felles må se på. Vi må løfte hverandre sammen, og man kan ikke ta den kampen alene.

Inspirasjon fra oljebransjen

Intervjuobjektene ble alle, både fra bygge- og oljebransjen, spurt om det var noe å lære av oljebransjen. Det enkle og samlende svaret var ja med unntak av ett område hvor byggebransjen mente at utviklingen ikke måtte hente prosess- og produktinnovasjon. Som en respondent sa det, er det også ting man ikke burde lære. Eksempelvis nivået på HMS, da kan det fort bli dyrt. Rigide og kostbare HMS-krav resulterer i at oljebransjen har mange dyre løsninger. Derimot systematikk og forbedringskulturen som kontrollrutinene de har i oljebransjen ved ferdigstilling ble hevdet å være veldig nyttig for byggebransjen. Ettersom digitaliseringen går fremover generelt i verden, blir ting mere og mere komplekst og særlig i bygg og tekniske anlegg har man mye å lære av kontrollrutinene i oljebransjen for å få ting til å fungere til slutt. Respondenter hevdet også at systematikken i oljebransjen når det gjelder testing og ved bruk av et felles ferdigstillingsprogram Procosys gjør at det blir en mye mere samlende tilnærming enn det man gjør i byggebransjen.

Sentralisering av kontrollsystemene som i oljebransjen styres via et kontrollrom, enten offshore eller på land, er også noe som kan tenkes å være nyttig for byggebransjen. Eksempelvis at man har et sentralt system som styrer brannvarsling og ventilasjonen for ikke bare Deichmanske bibliotek eller Munch museet, men tar begge om gangen eller eventuelt flere bygg. En respondent foreslo å sentralisere i større grad, ikke bare brannvarsling og ventilasjon, men også styring og driften av byggene.

Det ble videre hevdet at oljebransjen vet hvordan de prosjektstyrer, og har hatt en knekk. Basert på nedgangstider har oljebransjen lært å omstille seg og bli mere kostnadseffektive. Byggebransjen kan lære av hva de gjorde annerledes og kanskje automatisere de leddene som er generiske. Et intervjuobjekt hevdet at automatikk

egentlig er overvåkning som gjøres av mennesker og oljebransjen har økt graden av automatikk. Denne trenden kan overføres til byggebransjen.

Oljebransjen selv mente at det er mye å hente av inspirasjon fra olje- til byggebransjen, men det krever ressurser, både til investering og vedlikehold. Et intervjuobjekt fra oljebransjen hadde erfaring fra byggebransjen og mente at utnyttelse av digitalisering i den spisse enden handler mye om penger tilgjengelig og kompensasjonsmodeller i kontraktene. I oljebransjen har man kontrakter hvor en betaler for installert mengde, mens i byggebransjen er det mere basert på poster. Hvis man ikke har en post må den lages, og eksempelvis hvis man graver grøfter og plutselig møter på fjell kan det ta lang tid å vente på at en kostnadspost blir laget som er lite kostnadseffektivt. Det er viktig å få ned feilraten for det er den man taper mye penger på. Bedre utnyttelse av digitalisering som bruk av digital tvilling i oljebransjen har demonstrert den gevinsten.

Oljebransjen har tro på å koble de forskjellige verktøyene og systemene sammen, og dra sammen data fra ulike områder. I bransjen gjøres det noen forsøk på det med Fusion. Videre ser man for seg at man kan styre og drifte mere «remote» og da kan man bruke digitalisering for å ha mindre folk offshore. Enkelte steder oljebransjen planlegger å bygge er man nesten avhengig av det, for det er langt ut på havet og ved dårlig vær er det steder man nesten ikke klarer å fly folk ut. I slike tilfeller er det hensiktsmessig å ha lavere bemanning, og da er man nesten nødt til å digitalisere.

5 Diskusjon

I diskusjonskapitlet blir forskningsspørsmålene debattert i forhold til det teoretiske rammeverket og funnene fra intervjuene og dokumentstudier. Først vil jeg reflektere omkring status i dag når det gjelder digitalisering under produksjon på byggeplass sett i lys av kartleggingsstudier, digitale veikart, endringsledelse og modell. Derneft tar jeg for meg utfordringer og muligheter med økt digitalisering på byggeplass i den teoretiske kontekst. Til slutt diskuteres videreutvikling av muligheter sett i en lengre horisont. Prosess- og produktinnovasjon fra oljebransjen bakes inn der det anses relevant. Ved å se resultatene i lys av teorien ønsker jeg å se problemsstillingen fra forskjellige vinkler, sammenligne, drøfte og trekke nye sammenhenger.

Det er verdt å minne om at diskusjonen kan være påvirket av valg av metode. Det er spesielt noen områder jeg tenker at en bør være oppmerksom på ved gjennomlesning. For det første ble tre av 14 intervjuer utført ved fysiske møter, to dokumentstudier og de resterende ble foretatt over telefon/Teams. Digitale møter kan ha hatt innvirkning på kvaliteten av resultatene ved at jeg kan ha misforstått eller tillagt meninger. Språket og ordene vi sier utgjør kun en andel av det vi kommuniserer, mens det resterende kommer fra vårt kroppsspråk. For det andre kan utformingen av spørsmålene ha vært utilsiktet ledende og begrensende, slik at dybdeintervjuene ikke har kommet med all relevant erfaring eller meninger. Jeg har forsøkt å ta høyde for svakhetene ved å studere og belyse diskusjonene ved hjelp av kritisk refleksjon og sammenligning av resultat i en teoretisk kontekst for å sikre pålitelighet og gyldighet i argumentasjonen.

5.1 FS1 – Hva er status i dag når det gjelder digitalisering under produksjon på byggeplass?

Nåsituasjonen i byggebransjen når det gjelder digitalisering avdekket i intervjuene et stort spenn av ulike typer digitale løsninger, systemer og verktøy til bruk til både samme, til dels overlappende og spesielle formål. Oljebransjen benyttet mange av de samme digitale hjelpemidler, men intervjuobjektene beskrev i tillegg andre løsninger og annen utnyttelse. Dette vil jeg komme nærmere inn på i det videre.

5.1.1 Statistikk og kartleggingsstudie versus resultat

Byggebransjen bak andre næringer

Den norske byggebransjen skårer i en statistikk fra SBB fra 2021 under gjennomsnittet i samtlige kategorier når det gjelder innovasjon (SSB, 2021). Her har jeg plukket ut noen kategorier hvor man finner signifikante forskjeller i resultatene (petroleumsindustri er her forstått å være oljebransjen):

- Innovasjonsaktivitet; byggebransjen 46 versus oljebransjen 76
- Både produkt og forretningsprosess-innovasjon; byggebransjen 9 versus oljebransjen 38
- Produktinnovasjon; byggebransjen 7 versus oljebransjen 54

Resultatene fra intervjuene støtter kun delvis opp under statistikken og resultatene fra undersøkelsen til Gandhi *et al.* (2016). Det er fordi statistikken og undersøkelsene viser et bilde av byggebransjen som er langt bak andre bransjer både på digitalisering og innovasjon. Realiteten resultatene i denne masteroppgaven viser er at de mest digitaliserte bedriftene i bransjen synes å ha avanserte og innovative løsninger tilgjengelige, tilsynelatende det samme som oljebransjen. Som Sezer *et al.* (2021) påpeker er det kanskje en svakhet ved slike undersøkelser at de ikke får frem dette aspektet. Både programvare, verktøy og løsninger som BIM/3D, droner, roboter, VR- og

AR-verktøy er tilgjengelig, men mitt inntrykk er at forskjellen ligger i implementeringen. Byggebransjen oppleves ikke å ha tatt i bruk digitalisering under produksjon på byggeplass i stor skala. Noe av årsaken kan ligge i at byggebransjen, som intervjuobjektene uttrykte, er en svært fragmentert næring. Det virker å være stor variasjon i grad av digitalisering hvor de større bedriftene synes å ha digitalisert byggeplass i større grad enn de små bedriftene. Noen funksjoner som rørleggere og elektrikere ble påpekt å utnytte digitalisering mer enn andre. Det er med andre ord et stort spenn. Til sammenligning i statistikken til SSB (2021) er arkitektene og de tekniske konsulentene mere innovative og digitaliserte enn arbeidere på byggeplass. Arbeidsmetoder som VDC med koordineringsaktiviteter som ICE-sesjoner har nok bidratt til å samkjøre, innovere og digitalisere tidligfase og prosjektering (Kunz og Fischer, 2020; Hjelseth, 2022).

Mange programvarer og få som benytter akkurat samme løsning tror jeg understøtter opplevelsen av lav innovasjonsaktivitet i byggebransjen sammenlignet med oljebransjen. Eksempelvis benyttes både elektronisk HR-registrering og Infobric for digital innsjekking på byggeplass. Intervjuobjektene beskrev bruk av flere former for BIM og få omforente samarbeidsplattformer. Statistikken forteller samme bilde med både lav produkt- og forretningsprosess-innovasjon i byggebransjen. Det stemmer godt med erfaringen med roboten som borer hull i betongdekke som ikke resulterte i færre folk på byggeplass og tok lang tid med å lykkes. Jeg vil tro at slike eksempler kan påvirke en lavere poengvurdering for produktinnovasjon.

Oljebransjen derimot viste resultater av at både digitalisering i form av produkter og prosesser er mere konsolidert og i langt større grad i bruk på tvers av aktører, som støtter oppunder høyere poengvurdering. Eksempelvis Fusion for sømløs informasjon, Procosys for ferdigstilling, samt Echo med HoloLens og iPad. Arbeidsoppgaver som tidligere måtte utføres på kontoret med fysisk signatur kan nå utføres på byggeplass.

Kartleggingsstudie

Kartleggingsstudien i forkant av veikartet diskuteres her sett i sammenheng med intervjuobjektens beskrivelse av status:

- Spydspissen i byggebransjen har kommet langt. Funn som tydet på det er eksempelvis AR verktøy, en rekke skybaserte samarbeidsplattformer er allerede blitt tatt i bruk og testing av roboter. Det var en generell observasjon at det er bedrifter av en viss størrelse som er spydspissene.
- Næringen digitaliserer hver for seg og resultatene støtter oppunder den teorien. Eksempelvis utvikles flere varianter av BIM for byggebransjen som StreamBIM og Novorender med samme prinsipper og bruk. Et annet eksempel synes å være flere forskjellige systemer for RUH-registrering og innregistrering på byggeplass.
- «Ildsjeler» som driver digitalisering. Resultatene gir ikke noen direkte bekreftelse, men mye som tyder på at det er status i dag som når enkelte av aktørene i byggebransjen har testet ut AR og roboter.
- For lav digital kompetanse i næringen og det er funn som tydet på dette er virkeligheten i dag. Eksempelvis at ikke alle ute på byggeplass har sin egen iPad i byggebransjen i motsetning til i oljebransjen hvor nesten alle har sin egen iPad.
- Sømløs informasjonsutveksling ble uttrykt å være en stor mulighet for byggebransjen. Ulike programmer snakker i liten grad sammen på tvers av programvare leverandørene.
- Felles plattform er ønsket og jeg synes resultatene understøtter at byggebransjen har behov for noe tilsvarende oljebransjen med E3D og Navisworks, samt ferdigstillingsprogrammet Procosys.
- Identifisert behov for små piloter. Et av intervjuobjektene påpekte at «setter du ut et par IT-konsulenter ute på byggeplassen hadde de hatt arbeid i flere år for det er mye å ta tak i», men det ble samtidig uttrykt at det er lettere å teste noe

nytt på fabrikk og at det er ikke alltid man klarer å oppskalere. Så funn tyder ikke entydig på et behov for små piloter.

- Utfordrende å rekruttere programutviklere, gründere og digitalt kompetente fagarbeidere. Intervjuobjektene omtalte dette indirekte med at det er en rekke menneskelige utfordringer som alder og digital kompetanse som spiller inn på evnen til å ta i bruk teknologi. Ellers helt lik erfaring som i oljebransjen.

5.1.2 Det digitale veikartet versus resultat

Det er interessant å diskutere status i dag når det gjelder digitalisering på byggeplass sett fra intervjuobjektene perspektiv opp mot de produkter og virkemidler bransjen har samarbeidet om å etablere og samle seg om. Med andre ord studere om produktene etterspørres og muliggjørere er til stede i dag i byggebransjen. I det videre vil jeg drøfte dagens digitale status på byggeplass opp mot først digitalt veikart 1.0 og deretter digitalt veikart 2.0.

Digitalt veikart 1.0 – Produkter og muliggjørere

Visjonen beskrevet i det første digitale veikartet er en heldigitalisert bransje. Ut fra intervjuene så er jeg usikker på om dette er en god visjon for de mindre bedriftene i byggebransjen, mens resultatene indikerer som tidligere nevnt at de større aktørene er mer digitalisert og er spydspissene innenfor bransjen. Dette begrunner jeg i utsagn om at de store selskapene sier de har med seg iPad ut på byggeplass, mens de mindre aktørene generelt ikke beskrev denne nå-situasjonen. Det er videre interessant å observere at de definerte *målene* med det digitale veikart inkluderer kostnadsbesparelser, lavere klimautslipp, raskere prosjektgjennomføring og økning i eksport, men ikke forbedret kvalitet. Til sammenligning anser oljebransjen kvalitetsgevinst å være en viktig verdiskapning. Ved å redusere feilraten og opprettinger sparer man både tid og penger, samt sannsynligvis klimautslipp.

Digitalt veikart 1.0 har to produkter som byggherre må etterspørre: *P1) funksjonell digital byggeplass* og *P2) digital tvilling*. Kartleggingen av dagens status i byggebransjen tyder på at det ikke er et entydig behov for disse to produktene under produksjon på byggeplass. Eksempelvis ble det påpekt at majoriteten i byggebransjen er små firmaer med få ansatte som gjør mindre jobber. De har i liten grad noe særlig behov for digitalisering og de har heller ikke råd. Det var heller ikke noen særlig tro på en kjempe konsolidering i byggebransjen. Et annet utsagn var at på mindre komplekse byggeprosjekter har kanskje ikke digitalisering like stor gevinst og en plantegning kan fungere like godt. Min refleksjon er at det er ikke alle byggeplasser eller aktører som har behov for en (hel)digital byggeplass eller muligheten til virtuell bygning. Byggebransjen er en fragmentert gruppe aktører og mange ulike byggeplasser. Bredden i intervjuene fra store til små bedrifter, offentlig og privat sektor, ulike bransjer, ledd i verdikjeden og funksjoner understøtter hvor lite entydig produktet som etterspørres kan bli. Produktet digital tvilling som ut fra teorien kan benyttes til å foreta en virtuell befaring før noe blir gjort i den virkelige verden, gir ikke noen klar gevinst for mindre komplekse bygg hvor en plantegning kan fungere like godt. Til forskjell fra oljebransjen hvor resultatene tyder på at digital tvilling er mer etterspurt og i bruk.

De fire muliggjørerne som skal legge til rette for etableringen av de to produktene er som nevnt: *M1) felles digital plattform*, *M2) gevinstrealiseringsarena*, *M3) kompetanseutvikling* og *M4) standarder*. Resultatene indikerer ikke at byggebransjen i dag har på plass de fire forutsetningene for å nå visjonen om en heldigitalisert næring. Min refleksjon er kort følgende:

- M1) Status i dag er at det ikke er noen samlende digital plattform for det er for mange versjoner av programvare løsninger, og som heller ikke snakker godt sammen. Byggebransjen er fragmentert slik at det er mange og ulike

gjennomføringsmodeller. Det er som tidligere nevnt heller ingen sømløs informasjonsflyt.

- M2) Resultatene tyder på at visse deler av byggebransjen har tilgang på ganske høy grad av digital teknologi, men henter ut lite direkte effekt. Likevel uttrykte ikke intervjuobjektene et entydig behov for å etablere eller at det eksisterer en gevinstrealiseringsarena hvor det gjennomføres pilotprosjekter. Jeg tror det henger sammen med at resultatene baserer seg på et bredt spekter fra byggebransjen og noen representerer mindre komplekse byggeprosjekter.
- M3) Digital kunnskap og ferdigheter på byggeplass ble benevnt i intervjuene å være en begrensende faktor for å ta i bruk teknologi på byggeplass. Å etablere en plan for kompetanseutvikling både i bredde og spiss høres ut som et godt virkemiddel, men synes ikke i dag å være en muliggjørere som er på plass.
- M4) Det finnes flere former for BIM i bruk, men ingen av intervjuobjektene nevnte noen etablert standarder for effektiv informasjonsforvaltning av type ISO.

Dagens digitale status på byggeplass fra intervjuobjektene sett i lys av det digitale veikart 1.0 kan synes å være at byggebransjen fremdeles er i en tidlig fase og tilnærmet det nivået som ble observert i 2017.

Digitalt veikart 2.0 – ledelsesfokus

Der det første veikartet satte søkelys på digitale produkter og muliggjørerne, så neste versjon behov for å informere ledere om hvorfor de skal digitalisere og hvordan de skal gripe inn i sin organisasjon. De seks generelle rådene til lederne i byggenæringen vil jeg her forsøke å se i lys av resultatene:

1. *Forretningsmessig tilnærming* ble omtalt som at digitale løsninger måtte ha en reell verdi. I empirien er det benevnt som en kost-nytte-utfordring og en mulighet for gevinstrealisering, så her støtter funn oppunder rådet.
2. *Eierskap og lederskap fra toppen* samsvarte med intervjuobjektene oppfatning om at endringsledelse og -kultur starter fra toppen.
3. *Forankring av digitaliseringsstrategien* var ikke et tema i noen av intervjuene.
4. *Klare mål* for hva digitaliseringen skal gi er synlig i eksempelvis i verdivurderingen oversendt av dokumentstudiet, vist i Tabell 12.
5. *Mobiliser og involver* hele organisasjonen tolker jeg å være samsvarene med at intervjuobjektene så muligheter for økt digitalisering ved å involvere brukere.
6. *Ikke glem virkeligheten* av å endre arbeidsprosessene og forretningsmodellene kom etter min oppfatning til uttrykk ved en driftsholdning om at «sånn gjorde vi det før, det funket og det funker i dag». Med andre ord støtter funn opp under rådet.

Anbefalt ledelsesfokus i digitalt veikart 2.0 er aktuelle råd i nå-situasjonen for digitalisering under produksjon på byggeplass.

5.1.3 Endringsledelse- og kultur

Resultatene tyder på at adopsjon og implementering av digitale produkter og prosesser handler minst like mye om endringsledelse og -kultur. I teorien skilles det på endringsledelse i prosjekter og organisasjoner, samt endringens årsaker og effekter (Erdogan *et al.*, 2005). Funntyder på at digitalisering under produksjon på byggeplass omfatter begge typer endringsledelse med unike prosjekter og krav som endrer seg hele tiden samtidig som eksempelvis mye utenlandsk arbeidskraft, innleie og bytte av mannskap krever ny opplæring. Ved endringer er det både menneskelige og organisatoriske barrierer, og for å overvinne er det nødvendig å ha riktig kompetanse (Erdogan *et al.*, 2014; Erdogan *et al.*, 2005). Fra intervjuobjektene sett i lys av dette beskrevet med mange eksempler som alder og digital kompetanse.

Modell for endringsledelse starter med en erkjennelse av at det er nødvendig med endring, diagnostisere, planlegge, iverksette og vurdere effekten, opprettholde

endringen, læring og ledelse (Hayes, 2018). Intervjuobjektene ga i liten grad uttrykk for at en slik modell benyttes i dag for å vurdere den digitale virkelighet på byggeplass. Mulig at det var en svakhet i datainnsamlingen som ikke dekket denne typen spørsmål slik at dybdeintervjuene ikke la opp til å reflektere for å få frem erfaringer og meninger her.

5.1.4 Oppsummering diskusjon FS1 – Status digitalisering i byggebransjen

Min vurdering av resultatene fra datainnhenting for status når det gjelder digitalisering på byggeplass kan kort oppsummeres slik:

- Tilgang på mange digitale løsninger, og i stor utstrekning lik som oljebransjen
- Ikke evnet å ta i bruk i stor skala og bak oljebransjen, men «spydspisser» kommet langt
- «Hver for seg» - ikke felles standarder, sømløs informasjonsutveksling eller felles plattform
- For lav digital kompetanse og «ildsjeler» som driver utviklingen
- Fremdeles i en tidlig fase i forhold til veikart, og anbefales fokus og eierskap fra ledelsen
- Adopsjon og implementering handler mye om endringsledelse og -kultur.

5.2 FS2 – Hvilke utfordringer og muligheter byr digitalisering på under produksjon?

Intervjuobjektene perspektiv på utfordringer og muligheter viste seg å være mange sammenfallende som ble forsøkt oppsummert og kategorisert basert på fellesnevnerne i Tabell 14 i resultatkapittelet. Nå-situasjonen er at byggebransjen ligger bak oljebransjen når det gjelder å ta i bruk digitalisering i stor skala og informasjonsutveksling på tvers av aktører. Tilgangen til digitale hjelpemidler og ambisjonene eksisterer, men det vil ifølge teorien kreve en endring. I dette kapittelet vil jeg diskutere mulighetene på kort sikt basert på det digitale veikart, siden det på en god måte beskriver utviklingen bransjen må ta. De betyr at strukturen for diskusjonen av utfordringer og muligheter digitalisering byr på tar utgangspunkt i de to produktene og fire muliggjørerne i veikart 1.0. Videre at siden utfordringene intervjuobjektene presenterte også gjerne fremstod som en mulighet, vil jeg i det videre ta utgangspunkt i fordelene mer enn ulempene i oppbyggingen.

Tabell 14: Diskusjon FS2 - Resultater sett i teoretisk kontekst

Digitalt veikart 1.0	Digitale aktiviteter
Produkter og Muliggjørere	
P1	Funksjonell digital byggeplass
P2	Digital tvilling
M1	Felles digital plattform
	Redusere og konsolidere systemer
M2	Gevinstrealisering
M3	Brukerstyrt og kompetanseutvikling
M4	Endringsledelse
	Standardisering og prefabrikasjon
	Automatisere

Slik jeg ser det er svakheten ved en slik tilnærming at veikartet synes å ha være veldig «software» rettet, og i mindre grad «hardware». Dette er forsøkt å ta høyde for i diskusjonen hvor jeg har tenkt bredere som for eksempel ikke kun standardisering av programvare, men også standardisering av byggelementer. Underveis i drøftingen vil jeg forsøke å vurdere mulighetene de digitale aktiviteter kan gi av verdiskapning i form

av HMS, kost-, tid- og/eller kvalitetsgevinst. I tillegg vil jeg benytte annen teori der det kan støtte oppunder diskusjonen.

5.2.1 P1) Funksjonell digital byggeplass

Teorien beskriver en funksjonell digital byggeplass som en virtuell bygning fra digital planlegging, papirløse prosjekter der alle de digitale systemene snakker sammen, digitale modeller testes før utførelse og digitalisering av produksjonen til sluttprodukt (Byggenæringens Landsforening, 2017a). Oljebransjen opplevde en funksjonell digital byggeplass dithen at en unngår å løpe frem og tilbake til kontoret. På en måte illustrerer det produktet som etterspørres. Intervjuobjektene ser muligheter ved økt bruk av digitale hjelpemidler som BIM-kiosker, digitale håndholdte enheter, AR-teknologi, roboter og droner. Dette synes å være små funksjonelle forbedringer for produksjon på byggeplass sammenlignet med tradisjonelle metoder.

Ser man nærmere på noen av forbedringene som *BIM-kiosker* kan teorien tyde på at det er både fordeler og ulemper med disse. Resultatene bekreftet at de visualiserer arbeidsoppgaver på en veldig god måte og kan håndtere store bygg som de håndholdte enhetene ikke nødvendigvis klarer. På den annen side krever de en del opplæring og har lavere brukervennlighet. Det siste punktet oppfattet jeg å være i forhold til håndholdte enheter. Teorien påpekte en fordel med BIM-kiosker å skulle være et møtepunkt for felles problemløsning noe som ikke ble støttet av intervjuobjektene. Mitt inntrykk er at BIM-kiosker er best i gitte tilfeller som når det er nødvendig med kraftigere motorer enn ipad eller mangel på nett slik at det er bedre å legge kabel og sette opp en BIM-kiosk.

Teorien påpeker at *håndholdte enheter* som ipad og mobiler har sine fordeler og ulemper. Resultatene bekreftet fordeler som lett tilgjengelighet på informasjon, lett å ta med seg rundt, lavt brukergrensesnitt, «real time data» og bidrar til raskere og bedre dokumentering og rapporter. Her er det lett å forstå assosiasjonen til en håndholdt enhet er i dag for en digital feltarbeider det samme som en hammer for en bygningsarbeider. Samtidig er det flere som var innom ulempene med at nettbrett koster i investering og opplæring, hver bruker må gjerne ha sin egen, ikke så kraftig motor som BIM-kiosk, sårbart med tilgang til nett og fysisk røft miljø. Oljebransjen har mange likhetstrekk med byggebransjen, men fra intervjuene tolket jeg det dithen at forskjellen generelt ligger i at oljebransjen har anskaffet og tatt i bruk ipad i langt større utstrekning enn i byggebransjen. I lys av dette kan mer håndholdte enheter i parallell med god opplæring raskt, og uten altfor stor innsats, bidra til en funksjonell digital byggeplass.

Byggebransjen uttrykte stor tro på *AR-teknologi*, og spesielt til produksjon, og i større grad enn VR å komme til nytte. I oljebransjen benyttes HoloLens som slikt AR-verktøy under konstruksjon, og erfaringene var i all hovedsak positive med utsjekk i forkant av montering, maling for å unngå feilretting og kvalitetssikring av byggeprosessen ved å sammenligne digital informasjon med virkelig bygging. Samtidig ga også oljebransjen uttrykk for at HoloLens krevde litt planlegging, er dyrt, har høy brukerterskel og det er usikkert hva man får ut av det. I og med at det krever litt planlegging og tid å sette opp kan det tenkes at det ikke er alle typer byggeaktiviteter det egner seg for. Litteraturen beskrev at Dalux ønsker å utvikle og benytte AR-teknologi på mobilen til tilsvarende oppgaver. Resultatene tyder på at det er også andre utviklere enn Dalux som jobber med AR-verktøy som for eksempel Trimble Sitevision. Jeg kan forstå at ulempene med HoloLens gjør at byggebransjen kvier seg, men tror likevel at AR-verktøy kan bidra positivt med i første rekke bedre kvalitet under konstruksjon på byggeplass. Spesielt kan utvikling med BIM-basert programvare i kombinasjon med allmenn utbredt mobiltelefon være en god mulighet for økt digitalisering og bør utforskes i større grad.

Fra intervjuene kom det frem at byggebransjen på den ene siden ser på *roboter* som et positivt bidrag ved muligheten til eksempelvis veimerking og maskinstyring av borerigger i tunneler. På den annen side ble det påpekt en utfordring med roboter som går rundt på en byggeplass kan representere en sikkerhetsrisiko. Oljebransjen fremmet roboter som

en mulighet for større grad av standardisering og masseproduksjon, og mindre slitasje på arbeidere var erfaringen med bruk av eksempelvis en sveiserobot. Fra mitt ståsted kan det synes som om det er blandete erfaringer med økt robotisering for å etablere en funksjonell digital byggeplass. I og med at teorien hovedsakelig beskriver «single task construction robot» å ha inntatt byggebransjen, tilsier sikkerhetsrisikoen at roboter har størst potensial som enkeltstående og spesialiserte digitale verktøy for å realisere en HMS-gevinst. Eksempelvis sveising, løfting og maling, men ikke mange roboter på byggeplassen som kan utgjøre en fysisk fare og barriere.

Teorien anerkjenner at *droner* har blitt mere og mere populært de siste årene. Dette stemmer godt med intervjuene hvor erfaringene var udelt positive og stor enighet om at de var nyttige for både små og store aktører, ulike typer bransjer og funksjoner. Verdiskapningen syntes å gi både kvalitetsgevinster i form av å avdekke avvik, tidsgevinster ved landmåling og bilder for fremdriftsrapportering, kostgevinster som massehåndtering i store veiprosjekter, samt ikke minst HMS-gevinster ved overvåkning av byggeplassen. I oljebransjen brukes droner mye til inspeksjoner i tanker, rørlegging og i høyden for å unngå fallende personer/gjenstander under produksjon. Her indikerer analysen at byggebransjen kan hente inspirasjon til nye bruksområder fra oljebransjen. Det hevdes både tidsbesparende og HMS-gevinst.

En effektiv vareflyt og logistikk på byggeplassen er som nevnt en viktig forutsetning for en funksjonell byggeplass. Resultatene omhandlet dette i all hovedsak som programvare relaterte muligheter, slik at jeg har valgt å dekke dette indirekte under muliggjørere M1) Felles digital plattform og tilhørende digitale aktiviteter.

En funksjonell digital byggeplass har med andre ord en rekke digitale løsninger tilgjengelig ute på byggeplass slik at en unngår å løpe frem og tilbake til kontoret. I første rekke kan resultatene sett i lys av teorien tyde på at håndholdte enheter, AR-verktøy og droner kan være muligheter å forfølge på kort sikt for byggebransjen.

5.2.2 P2) Digital tvilling

Som det digitale veikart beskriver så kan produktet digital tvilling både være en digital modell å bygge etter og/eller drifte etter (Byggenæringens Landsforening, 2017a). I teorien skal det skapes en fysisk tvilling til den digitale modellen på byggeplass, og ved ferdigstilt bygg vil den digitale tvilling være den komplette som-bygd informasjon. Fra intervjuene framkom det overordnet ikke mye bruk av benevnelsen digital tvilling. I motsetning til i oljebransjen hvor den digitale tvilling-løsningen Echo ble omtalt av flere som fordelaktig for økt produktivitet på byggeplass. Det er mulig at årsaken ligger som byggebransjen selv observerte at de ikke har en utstrakt bruk av 3D modellen, og behov for å kunne integrere den bedre, gjøre modellen bedre og mer anvendelig for byggeplassen. I tillegg ble en utfordring påpekt at det i dag ikke eksisterer så mange verktøy som er skikkelig gode å bygge etter. Man hadde til gode å se en skikkelig «viewer» å bygge etter som alle kan bruke. Med andre ord kan det virke på meg som om byggebransjen ikke egentlig har en skikkelig bra BIM/3D modell hvor man kan se hele bygget og på det detaljnivå at man kan bygge etter, først virtuelt og deretter produksjon på en «ekte» byggeplass.

Det teoretiske produktet digital tvilling synes ikke å være ferdig utviklet i byggebransjen. På kort sikt tilsier empirien at et første steg er å utvikle og ta bredere i bruk BIM og aller helst en felles variant som er mer komplett. Med mer komplett forstås slik teorien beskriver at produktet kan benyttes sammen med VR-briller for å forsikre seg om alt er som det skal være før noe blir gjort i den virkelige verden, samt digital tvilling benyttes til å bestille materialer. Da må BIM trolig ha et høyt detaljnivå. Basert på erfaringene fra oljebransjen antyder analysen at produktet digital tvilling har et potensial til både kost- og ikke minst kvalitetsgevinst ved at man kan gå på befaring i den digitale utgaven før man «tar første spadetak».

5.2.3 M1) Felles digital plattform

To av de største utfordringene intervjuobjektene påpekte var at det i dag eksisterer for mange ulike og til dels spesialtilpassede digitale løsninger samt ulike plattformer. Mulighetene de uttrykte lå i å redusere og konsolidere antall samt en felles digital plattform med sømløse programmerings grensesnitt. Disse tyder på å samsvare godt med det digitale veikartets muliggjørere «felles digital plattform» som nettopp skal etablere sømløs informasjons flyt og inneholde felles komponenter for bransjen. I det videre vil jeg diskutere nærmere de to digitale aktivitetene.

Som nevnt påpekte empirien at det eksisterer flere former for BIM. Her tilsier analysen at et første steg i retning av en sømløs informasjonsflyt kan være at bransjen bestemmer seg for utstrakt bruk av færre programvarer, aller helst standarder, men det kommer jeg tilbake til senere. Teorien taler i retning av at byggebransjen må digitalisere sammen og ikke hver for seg. Da unngår man utfordringen slik noen intervjuobjekter beskrev at det «føles som en skog av programmer man må forholde seg til» eller «man ender opp med to verktøy som gjør mye av det samme, men man trenger litt fra den ene og litt fra den andre». Fra mitt perspektiv synes den digitale aktiviteten å redusere og konsolidere antall programvarer en mulighet som kan iverksettes raskt, og kan gi både tids-, kostnads- og kvalitetsgevinster ved at man unngår eksempelvis en rekke manuelle inntastinger fra et system til et annet. «Tid er penger» og sømløs informasjonsflyt reduserer feilkilder. Det synes å være få nedsider, annet enn at noen av dagens konkurrerende programvare leverandører taper posisjon og inntekter. Det er nok derfor teorien i veikart 2.0 peker på at disse leverandørene ikke forstår viktigheten av dette for sine kunder. Min refleksjon er at det kan ligge en egeninteresse i å ikke «forstå» her.

Den digitale aktiviteten under betegnelsen «felles digital plattform» omhandler i empirien i stor utstrekning å videreutvikle til færre grensesnitt ved å ha åpne formater. Så godt som alle intervjuobjektene snakket om viktigheten fremover av at utviklere av programvarene blir enige om formater som gjør at de prater godt sammen. En felles digital plattform med sømløs programmerings grensesnitt er veien å gå. Et intervjuobjekt påpekte at å utvikle gode standarder og formater også inkluderer at all spesialist programvarene kan prate godt sammen. Med tanke på at små bedrifter ikke nødvendigvis har bruk for å utnytte digitalisering i større grad viser analysen at en større integrasjon og åpen kommunikasjon mellom de ulike programmene kan støtte oppunder at byggebransjen som helhet kan utnytte digitalisering mer under produksjon på byggeplass.

Erfaringene fra oljebransjen kan tyde på at de bruker mere de samme og har færre digitale løsninger, samt mere åpne API-er drevet igjennom av en stor aktør. Eksempelvis ferdigstillelses programmet Procosys synes å ha en utstrakt bruk. En av intervjuobjektene uttrykte at en ulempe for byggebransjen kan være de mange små aktørene sine behov ikke ivaretas god nok. I dag løses kanskje behovene med spesialist programvare. Ved at en stor aktør velger en leverandør av programvare til å løse alt mulig, så spisses ikke godt nok digital løsning mot de små og spesialiserte oppgavene. På den annen side ønsker det digitale veikart at mange ulike programmer kan snakke sammen og oljebransjens åpne API-er synes nettopp å ta dette i betraktning. Teorien understreker at felles digital plattform må være noe mere enn et prosjekthotell som eksempelvis dagens Byggnet. På kort sikt kan erfaringene fra oljebransjen tilsi at byggebransjen raskt bør bli enig om hva som er en gunstig samlende digital plattform for eksempelvis om man bygger vei, jernbane eller næringsbygg.

5.2.4 M2) Gevinstrealisering

Det digitale veikart fremhever en muliggjørere er å etablere en gevinstrealiseringsarena hvor det gjennomføres sandkasser og pilotprosjekter for næringen. Empirien derimot hadde ikke noen entydig funn på at små piloter. På den ene siden kan det ha sammenheng med at byggebransjen har for dårlig data på effekten av digitalisering. Det er som et intervjuobjekt sa «en motvilje mot å gape over for mye uten å kunne vise til

en helt klar fortjeneste». På den andre siden kan det være at årsaken, som tidligere nevnt, ligger i at resultatene baserer seg på et bredt spekter fra byggebransjen. Noen av intervjuobjektene representerer mindre komplekse byggeprosjekter hvor det rett og slett ikke er noen særlig mulighet for gevinstrealisering ved økt digitalisering med dagens løsninger. En plantegning i papirversjon kan fungere like godt.

Teorien med det digitale veikart tenker seg videre at det på sikt skal utvikles flere og bedre utviklingsprogrammer for digitalisering i bedriftene med fokus på anvendelse av digitale løsninger og utvikling av nye forretningsmodeller. Empirien foreslo en type gevinsthøsting her med eksempelvis visualisering av fremdrift som utvikling eller ny anvendelse, men generelt synes resultatene i liten grad å understøtte teorien her. Erfaringene fra oljebransjen støtter delvis at gevinsthøsting kan være utfordrende når man stadig bytter ut digitale løsninger med nye for man får ikke nødvendigvis tatt med seg læring fra tidligere. Videre ble det påpekt at gevinsten kan være stor, men man høster den ikke nødvendigvis før langt frem i tid.

Flere i byggebransjen uttrykte at det er utviklet en rekke digitale løsninger og ser at verdien er veldig avhengig av hvordan det brukes, implementeres og omfanget. Et annet poeng var at digitale løsninger bare skal fungere på byggeplass. Young *et al.* (2008) identifiserte tre hovedutfordringer som barrierer mot suksessfull adopsjon og implementering å være opplæring, kostnader og overbevisning av ansatte til å kjøpe inn og være positivt innstilt. Opplæring og innstilling tenker jeg å dekke under muliggjør M3) kompetanseutvikling. Når det gjelder kostnader nevnes det i litteraturen at adopsjon og implementering av ny teknologi kan kreve oppgraderinger av både «software» og «hardware» som kan representere en betydelig investering. Resultatene tyder på at det er en felles oppfatning at oljebransjen «vasser i penger» som muliggjør digitalisering på byggeplassen og å hente ut gevinster fra implementeringen i større grad enn byggebransjen. Mitt inntrykk er også at oljebransjen ligger foran byggebransjen når det gjelder utnyttelse av digitalisering fordi de har hatt mere penger å investere i prosess- og produktinnovasjon. Tilsvarende mulighet kan for byggebransjen derfor være å diskutere rammebetingelser for digitaliserings investeringer, men jeg vil tro at dette er en forutsetning som ikke kan løses på kort sikt.

5.2.5 M3) Kompetanseutvikling

Etablering av en plan og mekanismer for kompetanseutvikling både i bredde og spiss er identifisert som en utfordring i det digitale veikart. Krohnke (2016) påpekte at selve teknologien ikke er hinderet for å nå målet, det er mennesker. Flere av intervjuobjektene uttrykte det tilsvarende at menneskelige utfordringer som alder, språkbarrierer, holdninger og digital kompetanse er avgjørende faktorer å ta i betraktning for å lykkes med å utnytte digitalisering bedre. Min refleksjon er at empiri her støtter viktigheten av kompetanseutvikling i bedrift og utdanningssystemet.

Flere pekte på muligheter for å overvinne de menneskelige utfordringer ved å involvere brukere i utviklingen av digitale løsninger, forbedre opplæring, kursing for superbrukere. Brukerens sentrale rolle ved bruk av ny teknologi er også kjent fra teorien. Erdogan *et al.* (2008) identifiserer tre sentrale menneskelige utfordringer ved bruk av ny teknologi i sin studie. Det er at (1) de tekniske løsningene ikke møter brukeres behov, (2) brukeres motstand mot endring og (3) mangel på involvering av brukere. Jeg synes analysen bekrefter at en brukerstyrt digitalisering er en viktig forutsetning for å utnytte digitalisering på byggeplass. Oljebransjen har også god erfaring med å ha med seg sluttbruker så tidlig som mulig og gi tilbakemeldinger til utviklere. Videre er det erfart at å ha med seg superbrukere er fordelaktig til opplæring av personell på byggeplass.

Andre tiltak er rettet mot endringsledelse og -kultur som samsvarer med litteraturen som påpeker at brukeres motstand mot endring er forårsaket av flere årsaker som frykt for det ukjente, mangel på informasjon, kunnskap og ferdigheter, trusler mot status (Erdogan *et al.*, 2005). Byggebransjen deler mange av de samme observasjonene under

sine intervjuer. Det er mange som ønsker å gjøre ting slik man alltid har gjort. Produksjon på byggeplass kan som nevnt være kompleks og involvere flere firmaer, aktører og disipliner, slik at opplæring i ny digital løsning kan være tungvint når man bytter mannskap. Byggebransjen er en stolt tradisjon og det er ikke så lett å endre vaner. Videre ble det hevdet at endringsledelse og -kultur starter fra toppen og hele prosjektet med underentreprenører må være med. Det må være god stemning rundt ny teknologi. Dette er i tråd med Young et al. (2008) identifiserte at ansatte måtte være positivt innstilt til implementering av teknologi for suksessfull adopsjon og implementering.

Fra mitt ståsted synes en positiv endringskultur med brukerstyrt kompetanseutvikling å være helt essensielt for å lykkes med økt digitalisering på byggeplass. Dette er forutsetning og muliggjør på kort sikt som jeg mener må ligge til grunn, og slik Erdogan *et al.* (2005) uttrykte det er den beste løsningen å styre endringer slik at negative konsekvenser minimeres og fordeler maksimeres.

5.2.6 M4) Standardisering

Den fjerde muliggjør i det digitale veikart er å etablere standarder for effektiv informasjonsforvaltning. Det må sørges for at norske standarder, lover og regler blir tilrettelagt for digital samhandling. Intervjuobjektene omtalte ikke standarder direkte annet enn at standardiserte data og åpne formater er viktig for sømløst grensesnitt. Jeg ser for meg at man kan få etablert norske standarder forutsatt at det er en sterk norsk aktør som driver den retningen, men forstår ikke at det ikke tenkes internasjonale standarder og at samhandling på tvers av landegrenser ville være en sterkere muliggjør for bedre utnyttelse av digitalisering på byggeplass.

På meg synes også standarder i denne sammenheng begrensende i forhold til at flere av intervjuobjektene var mer opptatt av standardisering av byggelementer. Byggebransjen påstod de stort sett ikke bygger det samme huset to ganger, og opplevde at prosjekter og krav endret seg hele tiden. Min forståelse er derfor at økt standardisering av flere bygge løsninger muliggjør mere prefabrikasjon, og siden produksjon og montering av prefabrikasjon er raskere enn tradisjonell bygging gir dette tid- og kostnadsgevinster. Videre støtter empiri at mere prefabrikasjon gir muligheter til å flytte produksjon inn på fabrikker som kan automatisere, strømlinje og effektivisere produksjon samt robotisere. Når det er sagt tror jeg det er en grense for hvor mye som kan standardiseres, prefabrikeres, automatiseres og robotiseres for å øke effektivisering på byggeplass fordi byggebransjen og produktene er så mangehodet. Til tross for mulige begrensninger understøtter teorien resultatene her ved at prefabrikasjon, automatisering og robotisering er ulike grader på vei mot industrialisering (Richard, 2005 og Kamaruddin *et al.*, 2016).

Automatisering av byggelementer er omtalt, men flere i intervjuene omtalte en mulighet for å automatisere administrativt arbeid og -rapportering som den store muligheten til rask gevinsthøsting. Eksempelvis bruk av OpenSpace kamera som automatisk registrerte i et system for dokumentasjon på hva som er status på byggeplass. Flere intervjuer nevnte både automatisering for å effektivisere prosesser som rapportering og produkter som kjerneborrer, for i første omgang HMS- og tidsgevinster. På den annen side ble det uttrykt at det kan være dyrt å utvikle autonome maskiner, så mitt inntrykk er at enkle og billige alternative digitale verktøy som Ayelix som oljebransjen benytter kan være like hensiktsmessig.

5.2.7 Oppsummering diskusjon FS2 – utfordringer og muligheter på kort sikt

Sett i lys av teorien er min vurdering av resultatene at muligheter digitalisering byr på under produksjon på byggeplass kan kort oppsummeres slik:

- Mer håndholdte enheter, AR-verktøy og droner i parallell med god opplæring kan raskt bidra til en mer funksjonell digital byggeplass.
- Produktet digital tvilling har et potensiale, men et første steg er å utvikle og ta bredere i bruk BIM, og aller helst en felles variant som er mer komplett på tvers av byggebransjen.
- Redusere og konsolidere antall programvarer samt raskt bli enig om hva som er en gunstig samlende digital plattform for sømløst grensesnitt, og hente inspirasjon fra oljebransjens ferdigstilte system Procosys.
- Få på plass rammebetingelser for investeringer på lengre sikt, tilsvarende oljebransjen.
- Sikre en positiv endringskultur med brukerstyrt kompetanseutvikling som superbrukere på byggeplass.
- Standardisere programvare, og helst internasjonale standard formater, og byggeelementer som muliggjør mer prefabrikasjon og automatisering. Automatisering av administrative prosesser er en «lavt hengende frukt», og se til oljebransjens Ayelix som et enkelt og billig digitalt verktøy kan gi inspirasjoner.

5.3 FS3 – Hvordan kan man jobbe for å utnytte digitalisering under produksjon på en bedre måte?

I denne delen av diskusjonen skal det diskuteres hvordan digitalisering på byggeplass kan videreutvikles og utnyttes bedre sett i en lengre horisont. Hva er forutsetningene, produktene som bør etterspørres og veien videre for å lykkes med å høste gevinster av økt digitalisering under produksjon? For å forsøke å besvare spørsmålet har jeg valgt å benytte samme teoretiske kontekst som for det kortsiktige perspektiv. Det betyr at jeg vil drøfte intervjuobjektene syn og strukturere basert på det digitale veikarts to produkter og fire forutsetninger. I likhet med utfordringer og muligheter på kort sikt vil jeg innlemme annen teori og inspirasjon fra oljebransjen der det er relevant. Svakheten ved en slik tilnærming kan være at jeg ser for snevert på hvordan å bedre utnytte digitalisering fordi strukturen kan binde tankesettet noe, men dette har jeg forsøkt å ta hensyn til ved å diskutere resultatene i et bredere teoretisk perspektiv på enkelte områder.

5.3.1 P1) Funksjonell digital byggeplass

Visjonen til det digitale veikart strekker seg mye lenger enn i økt grad å benytte håndholdt enheter, AR-teknologi og droner. Den digitale byggeplassen starter med at alt planlegges og prosjekteres digitalt før det bygges til selve utførelsen og leveransen digitaliseres. Intervjuobjektene ser for seg videreutvikling og effektivisering av det bransjen allerede har er nyttig, men det synes på meg som om det er lite nytenkning på hvordan de selv tenker seg en digitalisert byggeplass «fra a til å» skal utvikles.

På den ene siden inkluderer empiri for eksempel behovet for å redusere personskader ved varslinger på at arbeid er risikofyllt, hvilket vil øke behov for sensorer.

Intervjuobjektene er også innom AR-verktøy, roboter og droner, samt at teknologien går fremover og et spørsmål om når man skal gå over til ny. En var innom å videreutvikle AR-verktøyet Sitevision for å innlemme 3D-modeller gjennom kamera på telefonen. En annen kunne tenke seg en ipad eller «et ark som er digitalt» og kan brettes i lomma, og som når det brettes ut får man modellen i 3D.

På en annen side er det etter min oppfatning ingen innspill om helheten fra virtuell start til digital leveranse og hvilke implikasjoner det medfører for produksjon på byggeplass. Dette totalperspektivet var i hvert fall ikke fremtredende i intervjuene, men mulig at spørsmålene mine var for ledende eller overordnet til å fange opp dette perspektivet. Etter mitt syn kom det heller ikke tydelig fram i intervjuene med oljebransjen noen klar formening om hva som må gjøres for å sikre en funksjonell digital byggeplass med virtuell bygging.

Med andre ord virker det ikke på meg som om produktet som skal etterspørres er på plass, verken i bygge- eller oljebransjen. «Noen puslebrikker her og der, men ikke en totalitet» som kan veilede hvordan man skal jobbe for å utnytte digitalisering bedre for en funksjonell digital byggeplass.

5.3.2 P2) Digital tvilling

Produktet digital tvilling synes, som nevnt, heller ikke å være ferdig utviklet i byggebransjen. Ut fra teorien er den digitale tvilling en informasjonsmodell som integrerer fra prosjektering til vedlikehold og drift. Fremtidens forutsetning er et produkt som man kan både bestille materialer og bygge etter, samtidig som det er en digital modell å drifte etter. Resultatene tyder på at oljebransjen har kommet lenger i å utnytte digital tvilling produktet på byggeplass, og videreutvikling for å drifte mere remote og med lavere bemanning offshore. Byggebransjen synes som nevnt å ligge et par steg bak oljebransjen. Ut fra empirien er det mitt inntrykk at det kan være noen tanker om å videreutvikle BIM og koble med fremdriftsplaner og kalender som en slags 5D BIM. Dette kan tenkes å istandsette automatisk bestilling av materiell når data fra de forskjellige systemene er koblet og kodet med den hensikt. Min oppfatning er at med en slik utvikling vil digital tvilling produktet kunne ha mye større gjennomslagskraft og etterspørsel i byggebransjen fordi en effektiv logistikk og vareflyt under produksjon på byggeplass er viktig for produktivitet. I teorien virker både teknologien og ferdigheten til å modellere en komplett digital tvilling med høyt detaljnivå å være til stede. Det får meg til å lure på hvorfor det ikke gjøres i større utstrekning. En mulig årsak til dette er at det, som tidligere nevnt, ikke eksisterer noen skikkelig god «viewer» å bygge etter, og at målet om digital tvilling dermed ikke er hensiktsmessig før dette er etablert.

5.3.3 M1) Felles digital plattform

På kort sikt fant jeg at byggebransjen har en muliggjørere i økt digitalisering av byggeplass ved 1) redusere og konsolidere antall programmer/systemer og 2) samlende digital plattform for sømløst grensesnitt. På lengre sikt tilsier teorien at aktørene i bransjen kan videreutvikle felles digital plattform til færre versjoner av grunndata, felles digital infrastruktur og en omforent digital gjennomføringsmodell. Intervjuobjektene i byggebransjen nevnte å forbedre samhandlingen med API-er som kan snakke sammen og optimalisere produksjonen ved sømløst digitalt samarbeid i verdikjeden. Mitt inntrykk er at digitaliseringen vil utfordre eksisterende byggeplasser, bransjen og arbeidsformer. Nye måter å arbeide sammen på og forretningsmodeller vil utvikles som en konsekvens av en mer samlende digital plattform.

Oljebransjen samarbeider som nevnt allerede på tvers av aktørene ved bruk av felles systematisk kontrollrutiner og arbeidsprosesser med ferdigstillings testing og kvalitetskontroll i Procosys. Intervjuobjektene i begge bransjer nevnte tydelig at det var mye å lære av denne systematikken og forbedringskulturen. Det tenker jeg at de har helt rett i for empiri og teori er klart sammenfallende på at samarbeid i verdikjeden er en viktig faktor for suksess.

Et intervjuobjekt uttrykte at det hadde vært lettere å strømlinjeforme byggeplassen om alle arbeiderne under produksjon var egne ansatte. På den måten ville byggeplassen kunne utvikles mere som en type fabrikk med samlebånd og mere gjentatte arbeidsoppgaver med felles digitale løsninger som fungerer for flere i bransjen. Dette synes jeg er en veldig interessant tanke for å utnytte digitalisering på byggeplass på en bedre måte. Innspillet griper trolig inn i kjernen av årsaken til at byggebransjen ikke har evnet å ta i bruk digitalisering på byggeplass i stor skala siden den karakteriseres av veldig mange små og mellomstore aktører med utstrakt bruk av innleid arbeidskraft. Fra mitt ståsted vil derfor større grad av egne ansatte kunne bidra positivt til økt digitalisering. Lu et al. (2015) deler de mest innflytelsesrike faktorene for suksessfull adopsjon av teknologi inni fem grupper; personlige-, organisasjonelle-, teknologiske-, og prosjektkarakteristikker samt eksternt miljø. Ved å ha egne ansatte kan bedrifter og

byggebransjen i større grad arbeide med å legge til rette for økt digitalisering. Eksempelvis tenker jeg at organisasjonens kultur, struktur, strategi, trening og ledelses støtte kan underbygge en felles digital plattform med mer strømlinjeformet byggeplass om arbeiderne i større grad var egne ansatte.

Et annet perspektiv som ble nevnt av flere i byggebransjen var at fremtidens samhandling og felles grunndata byr på muligheter ved økt maskinlære og håndtering av store mengder data. Ved å se mot spillindustrien og den teknologien de har der som er langt fremme, så ble det hevdet at det er behov for kraftigere motorer for å utnytte maskinlære. Etter min mening er det en relevant erfaringsoverføring etter Argote *et al.* (2022), hvor kunnskap kan benytte løsninger og praksis fra et område til å løse problemer på et annet og dette kan bidra til å utvikle et konkurransefortrinn.

5.3.4 M2) Gevinstrealisering

En muliggjør på kort sikt ble identifisert å være rammebetingelser for digitaliserings investeringer på lengre sikt. Empirien ser til oljebransjen hvor en stor aktør med ressurser i form av penger og kompetanse har drevet frem å bedre utnytte digitalisering under produksjon på byggeplass. Eksempelvis har oljebransjen evnet å konsolidere programmer og koble data fra ulike systemer på tvers av aktører. Onsøyen og Spjelkavik (2002) sin modell for erfaringsoverføring starter med å innhente slike konkrete erfaringer, samle inn for observasjon og refleksjon, via kreativt kaos generalisere, og med strukturering og aktiv eksperimentering etablere ny praksis. Mitt innspill er at erfaringsoverføringen fra oljebransjen til byggebransjen bør følge modellen. Empirien tyder på at noen konkrete erfaringer som kan overføres er 1) identifisere en stor aktør, 2) etablere rammebetingelser for investeringer og 3) vurdere kompensasjonsmodeller i kontraktene for økt digitalisering. Teorien sier at byggebransjen bør ta disse og flere konkrete erfaringer for i første omgang observasjon og refleksjon.

På lengre sikt nevnte intervjuobjektene også at oljebransjen har dratt utviklingen lenger med å sentralisere kontrollrom, enten offshore eller på land, for å spare bemanning. Mitt inntrykk er at en slik gevinstrealisering kan tenkes nyttig også for byggebransjen og at erfaringen kan overføres til å sentralisere styring og driften av bygg. Etter min forståelse må slik tenking tilrettelegges i prosjektering og påvirker produksjonen på byggeplass, men drift av bygg ligger isolert sett utenfor problemstillingen.

Et tilsvarende aspekt er økt søkelys på miljø og bærekraft som jeg også har valgt å holde utenfor denne oppgaven. I likhet med flere intervjuobjekter har jeg stor tro på at fremtidens byggeplass i større grad vil dreie seg om gjenbruk, men jeg var her nødt til å avgrense og rette fokus på gevinsthøsting ved økt digitalisering.

5.3.5 M3) Kompetanseutvikling

Gjennom intervjuene fremkom det få tanker om hvordan bransjen kan videreutvikle kompetanseutvikling. Det er igjen mulig at intervjuene ikke tilrettela for dette og at det er en svakhet ved spørsmålene mine. Noen av intervjuobjektene nevnte at det er lettere å teste noe nytt under kontrollerte omstendigheter på en fabrikk enn å spre det rundt på forskjellige byggeplasser fordi det koster å feile og det kan få store konsekvenser. På den annen side poengterte de at det er ved oppskalering man oppdager feil. En testing av ny teknologi på fabrikk er etter mitt syn en forutseende endring som implementeres trinnvis eller strategisk som en reorientering av bedriften (Erdogan *et al.*, 2014). Erdogan *et al.* (2014) sier videre at ny teknologi kan være en ekstern årsak til endringsledelse i organisasjoner. Min tolkning er dermed at endringsledelse og -kultur er helt essensielt for adopsjon og implementering av ny teknologi samt kompetanseutvikling i byggebransjen.

Empiri og teori påpeker begge, som tidligere nevnt, viktigheten av en positiv endringsledelse og -kultur for adopsjon og implementering av ny teknologi. Videre at endringsledelse og -kultur starter fra toppen og hele prosjektet med underentreprenører må være med. Det må være god stemning rundt ny teknologi. Jeg tenker at det er

årsaken til at digitalt veikart 2.0 satte søkelys på ledere om hvorfor de skal digitalisere og hvordan de skal gripe inn i sin organisasjon. Forretningsmessig tilnærming, eierskap og lederskap, forankring, målsetting, mobilisering og involvering starter fra toppen, men ikke glem virkeligheten av å endre arbeidsprosesser og forretningsmodeller. Her tenker jeg at det er viktig å være bevisst det kjente sitatet fra ledelseskonsulenten Peter Drucker (2007) om at «culture eats strategy for breakfast». Jeg synes sitatet beskriver på en god måte at det nytter ikke bare med strategier og ledelsesfokus for økt digitalisering og ny teknologi i byggebransjen om endringskulturen og «virkeligheten vil noe annet». Det er derfor jeg synes at Hayes (2018) modellen for endringsledelse som starter med en erkjennelse av at det er nødvendig med en endring er god å benytte for byggebransjen, samt at modellen inneholder ledelse av menneskelige problemer for det er nok kjernen som skal til for å lykkes med å utnytte digitalisering på byggeplass i en lengre horisont.

Intervjuobjektene påpekte at en endring må være gjennomtenkt og bedre utnyttelse av digitalisering på en byggeplass er ikke bare opp til en enkelt aktør så aktørene må samarbeide. Innspill kom om at det er greit at man er konkurrenter, men for å få til slikt samarbeid så må man sette føring som en del av konkurransegrunnlaget. Jeg synes dette er en interessant tanke som byggebransjen bør forfølge og kan sees i sammenheng med å sikre en positiv endringskultur i kjeden, men begge er nok muliggjørere og forutsetning i et lengre perspektiv for det tar tid å endre konkurransegrunnlag og kultur. I tillegg er byggebransjen som diskutert tidligere krevende å samle grunnet mange ulike aktører og involverte parter.

5.3.6 M4) Standardisering

Når det kommer til standardisering har jeg som tidligere nevnt studert bredere enn det digitale veikart, og resultatene omtalte byggeelementer for økt prefabrikasjon og automatisering for videreutvikling og utnytte digitalisering på en bedre måte i fremtiden. Det ble uttrykt både at modulbaserte bygg åpnet opp for økt grad av prefabrikasjon og standardisere bygg med spennende fasader. I tillegg ble det nevnt økt søkelys på å industrialisere i form av taktplanlegging med standardisering av arbeidsoperasjoner. Richards (2005) og Kamaruddin *et al.* (2016) beskrev frem grader av industrialisering hvorav første grad er prefabrikasjon, så det synes på meg fornuftig at byggebransjen ser på muligheten av å standardisere «innmaten» av bygg i større grad og heller benytte kreative løsninger på fasaden. På denne måten kan bygg i større grad modularer og prefabrikeres. Eksempelvis kunne jeg tenke meg at en rekke kontor-, leilighet- og sykehusbygg kunne ha bestått av standardiserte modulære byggeklosser som kan settes sammen etter «lego-prinsippet». Dette tror jeg ville ha muliggjort økt digitalisering av byggeprosessen.

Neste steg på veien mot økt industrialisering er mekanisering der maskineri benyttes for å lette arbeidsoppgavene til arbeidere (Richards, 2005; Kamaruddin *et al.*, 2016). Empirien omtalte ikke dette i stor grad, men tredje grad med automasjon hvor maskinene tar helt over arbeidsoppgaver hadde flere intervjuobjekter tanker om, som automatisering av generiske oppgaver for å redusere arbeidsbelastningen til den enkelte. Her mente oljebransjen at byggebransjen kunne lære av hva de har gjort annerledes for økt grad av automatikk med overvåkning av mennesker. Fra litteraturen tar som tidligere nevnt robotisering enda et steg videre mot industrialisering, men det har jeg omtalt tidligere. Som empiri og teori beskriver har jeg også stor tro på at standardisering, prefabrikasjon og automatisering kan øke graden av industrialisering for byggebransjen, og være virkemidler på veien mot å utnytte digitalisering på byggeplass på en bedre måte.

5.3.7 Oppsummering diskusjon FS3 – Hvordan utnytte digitalisering på lengre sikt

Min tolkning av resultatene sett i lys av teorien for hvordan digitalisering på byggeplass kan videreutvikles og utnyttes bedre kan oppsummeres slik:

- Etablere en helhetstanke fra virtuell start til leveranse og hvilke implikasjoner det medfører for funksjonell digital byggeplass.
- Digital tvilling produktet kan inkludere fremdrift, material bestilling i en samlende BIM versjon for bransjen, men det er et behov for en skikkelig «viewer» å bygge etter.
- Felles digital plattform kan utnyttes bedre ved økt grad av samarbeid og integrasjon i verdikjeden, samt omforent digital gjennomføringsmodell.
- Identifisere og få med en stor aktør på laget og vurdere kompensasjonsmodeller.
- Rett fokus på endringsledelse og -kultur er nøkkel til suksess.
- Økt grad av standardisering, prefabrikasjon og automatisering etter lego-prinsippet.

6 Konklusjon

Byggebransjen er en av Norges største og mest verdiskapende næring, men har hatt en stagnerende produktivitetsutvikling og lave driftsmarginer. Bransjen selv hevder at digitalisering utgjør deler av svaret og har et stort gevinstpotensial. Spørsmålet denne studien stilte seg var hvordan kan digitalisering utnyttes bedre under produksjon på byggeplass. Litteraturen viser til flere studier som legger vekt på at byggebransjen ligger bak andre næringer når det gjelder digitalisering og innovasjon. Antatt sammenlignbar næring som oljebransjen hadde signifikant høyere poengvurdering når det gjaldt begge kategoriene, og denne studien så det derfor hensiktsmessig å analysere muligheter for å hente digital prosess- og produktinnovasjon fra oljebransjen. En viktig avgrensning var å begrense studien til produksjon på byggeplass.

Masteroppgavens problemstilling har dermed vært å undersøke:

«Hvordan kan byggebransjen utnytte bedre digitalisering under produksjon på byggeplass?»

Ved å diskutere resultatene fra litteratursøk, dybdeintervjuer og dokumentstudier er det forsøkt å besvare problemstillingen, som er presisert gjennom tre forskningsspørsmål gitt i kapittel 1.2 *Problemstilling og forskningsspørsmål*. De viktigste funnene og anbefalingene er samlet i dette kapitlet, og det er prøvd å gi en helhetlig konklusjon av problemstillingen.

6.1 FS1 – Hva er status i dag når det gjelder digitalisering under produksjon på byggeplass?

Byggebransjen i dag har tilgang til og benytter mange av de samme digitale hjelpemidler som oljebransjen. Bransjen består av mange aktører med ulike behov og kartleggingsstudier viser resultater som understøtter at den henger etter oljebransjen digitalt. Noen bedrifter har evnet å ta i bruk digitalisering i større grad enn andre, men det *ettespørres* i korte trekk:

- Felles standarder
- Samlende plattform
- Sømløs informasjonsutveksling.

Byggebransjen har samarbeidet om å etablere et digitalt veikart, og analysen konkluderer med at de er fremdeles i en tidlig fase. Funn tyder på at i dag er det ikke teknologien som er den største utfordringen for digitalisering, men organisasjonens kultur og menneskelige faktorer. Resultatene tyder på at adopsjon og implementering handler mye om endringsledelse og -kultur.

6.2 FS2 – Hvilke utfordringer og muligheter byr digitalisering på under produksjon?

Tilgangen til digitale hjelpemidler og ambisjonene eksisterer i byggebransjen, men fra empiri og litteratur er det en felles oppfattelse om at det vil kreve en endring. I forhold til utviklingen bransjen må ta viser resultatene for det første at en mer funksjonell digital byggeplass benytter i økt grad en rekke digitale løsninger som håndholdte enheter, AR-verktøy og droner. Samtidig sier funn at reell verdi av disse krever god opplæring. For det andre er byggebransjen umoden når det gjelder å etterspørre produktet digital tvilling, som oljebransjen har sett stor nytteverdi av. Et steg på veien er å utvikle en felles BIM standard som tas bredt i bruk i byggebransjen.

Resultatene tyder på at for at byggebransjen skal kunne levere disse to produktene, en funksjonell digital byggeplass og digital tvilling, vil det være behov for å gjøre tiltak for å tilrettelegge og muliggjøre digitalisering under produksjon. Funn tyder på at næringen i fellesskap bør igangsette følgende *digitale aktiviteter* raskt:

- Redusere, konsolidere og standardisere programvare
- Etablere en samlet digital plattform
- Automatisering av administrative prosesser
- Standardisering av byggeelementer
- Brukerstyrt kompetanseutvikling
- Sikre en positiv endringskultur og -ledelse
- Tilrettelegge for et digitalt investeringsløft.

Allerede i dag vil bedre utnyttelse av digitalisering øke byggebransjens lønnsomhet og effektivitet ved raske og enkle grep som analysen har pekt på.

6.3 FS3 – Hvordan kan man jobbe for å utnytte digitalisering under produksjon på en bedre måte?

Fra funn og litteraturstudie er det mye som tyder på gevinstene ved å bedre utnytte digitalisering under produksjon på byggeplass har et større potensiale enn mange av de «lavt hengende frukter» identifisert på kort sikt. For å høste de store gevinster med digitalisering viser analysen at det er noen *langsiktige tiltak og forutsetninger* som må iverksettes og på plass:

- Helhetlig plan for funksjonell digital byggeplass
- Digital tvilling basert på samlet BIM
- Samarbeid i verdikjeden og omforent digital gjennomføringsmodell
- Få med en stor «pengesterk» aktør på laget, tilsvarende Equinor i oljebransjen
- Kompensasjonsmodeller for økt digitalisering
- Rett fokus på endringsledelse og -kultur er nøkkel til suksess
- Økt grad av standardisering, prefabrikasjon og automatisering.

6.4 Problemstillingen – Helhetlig analyse

For å besvare den relativt omfattende problemstillingen for masteroppgaven var det nødvendig å dele inn i tre forskningsspørsmål. Disse har stort sett vært separat behandlet, men med en rød tråd om hvordan byggebransjen kan utnytte bedre digitalisering under produksjon og muligheter for å hente inspirasjon fra oljebransjen. For å besvare problemstillingen måtte nå-situasjonen analyseres, dernest mulighetsrommet på kort sikt og til slutt forutsetninger på lang sikt. For å heve blikket i et forsøk på å besvare problemstillingen synes analysen å gi følgende hovedkonklusjoner:

1. Byggebransjen er i dag digitalt bak andre, og etterspør samlet standarder og plattform
2. Noen identifiserte digitale aktiviteter kan raskt gi gevinst som brukerstyrt kompetanseutvikling og automatisering av administrative prosesser
3. På lengre sikt er bedre utnyttelse og stor gevinsthøsting avhengig av tiltak og forutsetninger som en positiv endringskultur, stor aktør med investeringsmidler, samarbeid i verdikjeden og økt grad av standardisert modulbasert bygging.

Antakelsen om at byggebransjen ligger bak oljebransjen og kan hente inspirasjon for bedre utnyttelse av digitalisering under produksjon på byggeplass ble bekreftet. Oppgaven har i resultatene og diskusjonene forsøkt å flette inn erfaringer og produkt- og prosessinnovasjon fra oljebransjen.

6.5 anbefalinger

6.5.1 Egne anbefalinger

For å sette analysen i perspektiv vil jeg driste meg til å komme med noen anbefalinger for veien videre for byggebransjen:

- *Stor aktør:* Resultatene tyder på at oljebransjen har hatt operatøren Equinor, hvor den norske stat er hovedaksjonær, som aktøren som har drevet digitaliseringsinitiativ. Erfaring og læring tyder på at den store aktøren med investeringsmidler i byggebransjen kan være en statlig aktør, som Statsbygg innenfor bygg og Bane Nor for jernbane sektoren. Disse offentlige bedriftene har trolig ressurser til å lede og drive utviklingen på vegne av alle de små og mellomstore bedrifter i byggebransjen uten den samme «muskelen».
- *Samarbeid på tvers i kjeden:* Analysen ga anbefalinger om omforent gjennomføringsmodell og sømløst samarbeid. Etter inspirasjon og erfaringsoverføring fra oljebransjen ville et av de første initiativ fra mitt perspektiv ha vært å få byggebransjen til å samle seg om et ferdigstilteles program tilsvarende Procosys. Gevinsten ved at alle aktørene på byggeplass arbeider i samme system under produksjon bør forbedre kvalitet, og være kost og tidsbesparende.
- *Kultur:* «Culture eats strategy for breakfast». En positiv endringskultur er viktigere enn strategier, fordi organisasjonen og menneskene må «ville endre seg». Den indre prosessen i bransjen og bedriftene må ha en positiv innstilling til endring.
- *Modulbasert bygging:* Hvorfor trenger et nytt sykehus i Drammen være forskjellig fra et i Oslo? Kan man tenke seg et standard sykehusbygg som til dels er modulbasert slik at om sykehuset ikke skal ha en barneavdeling så tas denne modulen ut av modellen? Kjernen i modellen må bestå av alle standard moduler som må være en del av et nytt sykehus, men fasaden og byggeklossene velges ut fra eksempelvis areal og funksjoner. Byggeklossene kan settes sammen etter legoprinsippet. Jo flere klosser, jo flere funksjoner. Modulbasert bygging kan også tenkes for andre typer bygg som næring- og leilighetsbygg.

6.5.2 Perspektiver til videre forskning

Byggebransjens digitale veikart ble en viktig kontekst for empiri i diskusjonskapittelet. Underveis i oppgaven kom det tilgang på observasjoner og innspill som pekte i retning av at bransjen kan gå i dybden på flere elementer enn dagens versjon 2.0. I det videre forsøkes blikket å rettes mot det som kan forskes på som en versjon digitalt veikart 3.0:

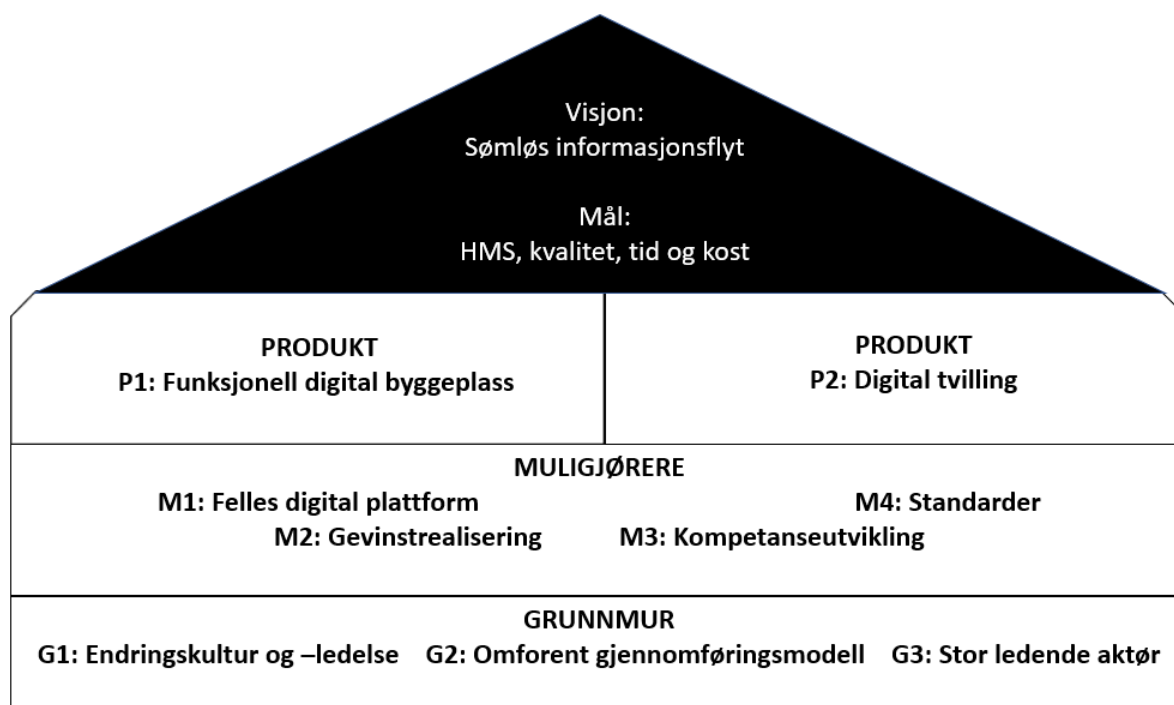
- *Visjonen:* Er en heldigital næring riktig mål for bransjen som sin helhet og de små aktørene mer spesifikt? Bør visjonen være mer differensiert i sin visjon som at eksempelvis «sømløs informasjonsflyt» er en bedre visjon?
- *Mål:* Empiri taler for at byggebransjen bør inkludere rett kvalitet som et mål for det var flere digitale aktiviteter som ble beskrevet å ha en kvalitetsgevinst.
- *Produkt P1:* Funksjonell digital byggeplass synes å være et produkt som skal etterspørres, i det minste gjeldende for større og komplekse byggeplasser. Produktet synes etter veikart 2.0 å ha programvare fokus, mens analysen tyder på at produktet også inkluderer maskinvare. I tillegg vil vel en bredere tolkning av funksjonell digital byggeplass også omfatte vareflyt og logistikk?
- *Produkt P2:* Digital tvilling er trolig dekkende i sin nåværende form, men forskning på om en standard skulle inkluderte fremdrift- og materialbestilling ville være interessant. I tillegg om det er mulig å etablere en internasjonal digital tvilling standard, eventuelt i samarbeid med oljebransjen.
- *Muliggjørere M1:* Felles digital plattform står seg trolig relativt godt i dagens versjon. Fremtidig forskning kan være åpen for om felles digital plattform i

tilstrekkelig grad favner samarbeid i verdikjeden med en omforent gjennomføringsmodell.

- *Muliggjørere M2*: Analyse tyder på at gevinstrealisering bør vende mer bort fra sandkasse og pilotprosjekter for næringen, og mer mot rammebetingelser for digitaliseringsinvesteringer. Sannsynligvis er miljø og bærekraft aspekter som også bør dekkes i ny forskning.
- *Muliggjørere M3*: Empiri taler for at kompetanseutvikling tolkes for snevert i dagens versjon for de «myke» faktorene brukerinnflytelse, -adopsjon og -implementering kan ha like stor påvirkning.
- *Muliggjørere M4*: Standarder er i dagens veikart programvare rettet, mens analyse tyder på at dette elementet kan vurderes bredere ved å inkludere standardisering, prefabrikasjon, mekanisering, automatisering, robotisering og gjenbruk av byggelementer.
- *Grunnmur G1*: Endringskultur og -ledelse pekes på som helt essensielt for adopsjon og implementering av ny teknologi. Etter mitt syn er en positiv endringskultur og -ledelse så viktig at det fortjener å bli løftet ut som et nytt element.
- *Grunnmur G2*: Selv om samarbeid på tvers av kjeden ligger implisitt i begrepet felles digital plattform kan analysen antyde at en omforent gjennomføringsmodell ikke er et mål, men en forutsetning med å lykkes.
- *Grunnmur G3*: Analyse kan tyde på at rammebetingelsen med identifikasjon av en stor ledende aktør med investeringsmidler er et avgjørende suksesskriterium.

Med de nye elementene vil grovskissen av et digitalt veikart 3.0 kunne se ut som Figur 8, hvor veikartet er foreslått revidert som et hus med grunnmur, første etasje med muliggjørere, andre etasje produkter, og toppetasje med mål og visjon.

Til slutt uttrykkes det et håp om at perspektivene i forhold til videre forskning kan gi inspirasjon til at byggebransjen eller forskere prøver å teste ut om det er hold i innspillene. Med andre ord om versjon 3.0 er falsifiserbart og prøvbart.



Figur 8: Digitalt veikart 3.0

Referanseliste

- Argote, L. *et al.* (2022) The Mechanisms and Components of Knowledge Transfer: The Virtual Special Issue on Knowledge Transfer Within Organizations, *Organization science (Providence, R.I.)*, 33(3), pp. 1232–1249. DOI: 10.1287/orsc.2022.1590
- Argote, L. og Fahrenkopf, E. (2016) Knowledge transfer in organizations: The roles of members, tasks, tools, and networks, *Organizational behavior and human decision processes*, 136, pp. 146–159. DOI: 10.1016/j.obhdp.2016.08.003
- Argote, L. og Ingram, P. (2000) Knowledge Transfer: A Basis for Competitive Advantage in Firms, *Organizational behavior and human decision processes*, 82(1), pp. 150–169. DOI: 10.1006/obhd.2000.2893
- Aspelund, M. (2023) *Hva er API og API-integrasjon*. Tilgjengelig fra: <https://www.visma.no/blogg/hva-er-api-sporsmal-og-svar/> (Hentet: 29.01.23)
- Aveyard, H. (2014) *Doing a literature review in health and social care: a practical guide*. 3. utg. Maidenhead: McGraw-Hill/Open University Press.
- Arksey, H. og O'Malley, L. (2005) Scoping studies: towards a methodological framework, *International journal of social research methodology*, 8(1), pp. 19–32. DOI: 10.1080/1364557032000119616
- Baldwin, M. (u.å.a) *What is IFC?* Tilgjengelig fra: <https://bimconnect.org/en/software/what-is-ifc/> (Hentet: 09.02.23)
- Baldwin, M. (u.å.b) *The BIM Collaboration Format (BCF)*. Tilgjengelig fra: <https://bimconnect.org/en/software/the-bim-collaboration-format-bcf/> (Hentet: 09.02.23)
- Bock, T. (2015) The future of construction automation: Technological disruption and the upcoming ubiquity of robotics, *Automation in construction*, 59, pp. 113–121. DOI: 10.1016/j.autcon.2015.07.022
- Bråthen, K. og Moum, A., (2016) Bridging the gap: bringing BIM to construction workers, *Engineering, construction, and architectural management*, 23(6), s.751–764. DOI: 10.1108/ECAM-01-2016-0008
- BuildingSMART (2019) *Om buildingSMART Norge*. Tilgjengelig fra: <https://arkiv.buildingsmart.no/bs-norge> (Hentet: 16.12.21)
- Busch, T. (2013) *Akademisk skriving for bachelor- og masterstudenter*. Bergen: Fagbokforl.
- Byggenæringens Landsforening (2017a) *Digitalt veikart*. Oslo. Tilgjengelig fra: <https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/digitalt-veikart-2017---full-rapport.pdf> (Hentet: 14.12.21)
- Byggenæringens Landsforening (2017b) *Digitalt veikart for bygg-, anleggs- og eiendomsnæringen for økt bærekraft og verdiskapning*. Oslo. Tilgjengelig fra: <https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/digitalt-veikart-bae.pdf> (Hentet: 14.12.21)

Byggenæringens Landsforening (2020) *Digitalt veikart 2.0*. Oslo. Tilgjengelig fra: https://www.bnl.no/siteassets/bilder/generelle-bilder/digitaltveikart_2020.pdf (Hentet: 14.12.21)

Bygg.no (2019) *Droner effektiviserer arbeidet*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/droner-effektiviserer-arbeidet/1385992/> (Hentet: 29.01.23)

Cisco (2019) *Cisco global digital readiness index 2019*. Tilgjengelig fra: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/csr/reports/global-digital-readiness-index.pdf (Hentet: 17.12.21)

Cisco (2021) *Digital readiness index*. Tilgjengelig fra: https://www.cisco.com/c/m/en_us/about/corporate-social-responsibility/research-resources/digital-readiness-index.html#/ (Hentet: 16.02.23)

Datatilsynet (2019) *Hva er personvern*. Tilgjengelig fra: <https://www.datatilsynet.no/rettigheter-og-plikter/hva-er-personvern/> (Hentet: 12.01.23)

Davies, R. og Harty, C. (2013) Implementing 'Site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project, *Automation in construction*. 30, s.15–24. DOI: 10.1016/j.autcon.2012.11.024

Drucker, P.F. (2007) *The practice of management*. Rev. Oxford: Elsevier (Classic Drucker collection).

Dvergsdal, H. (2019) Digitalisering, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/digitalisering> (Hentet 15.12.21)

Eastman, C. et al. (2011) *BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, engineers and contractors*. 2. utg. New York: John Wiley & Sons, Incorporated.

Elsevier (u.å.) Current policy and selection. Tilgjengelig fra: <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/how-scopus-works/content/content-policy-and-selection> (Hentet: 08.10.21)

Engebø, A. (u.å.) Literature search and review – short introduction. *TBA4128 Prosjektledelse, videregående kurs*. Tilgjengelig fra: <https://ntnu.blackboard.com> (Hentet: 06.10.2021)

Engeseth, P. (2018) Byggebransjen – en sinke på digitalisering og effektivitet, *Byggfakta*. Tilgjengelig fra: <https://nyheter.byggfakta.no/byggebransjen-en-sinke-pa-digitalisering-og-effektivitet-126912/nyhet.html> (Hentet 18.12.21)

Erdogan, B. et al. (2005) Change management in construction: The current context, *21st Annual Conference on Association of Researchers in Construction Management, ARCOM 2005*. 7.-9. September, 2005. s. 1085-1095.

Erdogan, B. et al. (2008) Collaboration Environments for Construction: Implementation Case Studies, *Journal of management in engineering*, 24(4), pp. 234–244. DOI: 10.1061/(ASCE)0742-597X(2008)24:4(234)

Erdogan, B. et al. (2014) Collaboration Environments for Construction: Management of Organizational Changes, *Journal of management in engineering*, 30(3), pp. *Journal of*

management in engineering, 2014, Vol.30 (3). DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000231

Equinor (2020) *Equinor Virtual Supplier Day 2020*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=1Oz2hKzSu9I&t=5425s> (Hentet: 22.01.23)

Gandhi, P. *Et al.* (2016) *Which industries are the most digital (and why)?* Tilgjengelig fra: <https://hbr.org/2016/04/a-chart-that-shows-which-industries-are-the-most-digital-and-why> (Hentet: 16.02.23)

Gebretekke, Y.T. *et al.* (2022) Digitalization Opportunities Road Mapping Tool (DORMT©): A framework to assess digitalization opportunities in construction organizations, *Canadian journal of civil engineering*, 49(2), pp. 171–182. DOI: 10.1139/cjce-2020-0762

Grant, M.J. and Booth, A. (2009) "A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies," *Health information and libraries journal*, 26(2), pp. 91–108. DOI: 10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x

Grønmo, S. (2020) Kvalitativ metode, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kvalitativ_metode (Hentet: 11.01.23)

Grønmo, S. (2021) Kvantitativ metode, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kvantitativ_metode (Hentet: 11.01.23)

Harstad, E. *et al.* (2015) How tablets can improve communication in construction projects, *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2015*. Perth: 28.-31. July 2015. The International Group for Lean Construction, s. 391–401.

Harty, C. (2008) Implementing innovation in construction: contexts, relative boundedness and actor-network theory, *Construction Management and Economics*, 26(10), pp. 1029–1041. DOI: 10.1080/01446190802298413

Hayes, J. (2018) *The theory and practice of change management*. Fifth. London: Palgrave Macmillan.

Hewage, K.N. og Ruwanpura, J.Y. (2006) Carpentry workers issues and efficiencies related to construction productivity in commercial construction projects in Alberta, *Canadian journal of civil engineering*, 33(8), pp.1075–1089. DOI: 10.1139/L06-050

Hjelseth, E. (2022) Virtual Design and Construction er ... praksis, prinsipper og perspektiver, *Praktisk økonomi og finans*, 38(1), pp. 65–78. DOI: 10.18261/pof.38.1.5

Johannesen, C. M. og Sundbye, L. M. (2019) *Kvantitative og kvalitative metoder*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/subject:1:f18ad41e-d9c3-4428-8cb6-5eb852e45082/topic:1:7df2950d-3af9-462e-b27f-cf3df147eaa3/topic:1:f189e9b6-222c-4d31-adc4-d7bc74149e03/resource:f2a118d4-d382-4476-ac4a-8906bba2f736> (Hentet: 08.01.23)

Kamaruddin, S.S., Mohammad, M.F. og Mahbub, R. (2016) Barriers and Impact of Mechanisation and Automation in Construction to Achieve Better Quality Products, *Procedia, social and behavioral sciences*, 222, pp. 111–120. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.05.197

- Kohnke, O. (2016) It's not just about technology: The people side of digitization, *in Shaping the Digital Enterprise: Trends and Use Cases in Digital Innovation and Transformation*, pp. 69–91. DOI: 10.1007/978-3-319-40967-2_3
- Kunz, J. og Fischer, M. (2012) Virtual design and construction: theme, case studies and implementation suggestions, *Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University*
- Kunz, J. og Fischer, M. (2020) Virtual design and construction, *Construction management and economics*, 38(4), pp. 355–363. DOI: 10.1080/01446193.2020.1714068
- Linge G. N (u.å.) *Hva er egentlig ... BIM*. Tilgjengelig fra: <https://relasjon.skanska.no/hva-er-egentlig-bim/> (Hentet 18.12.21)
- Lu, Y. et al. (2015) Information and Communication Technology Applications in Architecture, Engineering, and Construction Organizations: A 15-Year Review, *Journal of management in engineering*, 31(1), p. A4014010. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000319
- Murvold, V., et al. (2016) Experiences from the use of BIM-stations, *IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Boston, 18.-24. Juli 2016. The International Group for Lean Construction, s.23–32.
- NCC (u.å.) *Droner – gir enklere planlegging, er tidsbesparende og skaper et tryggere arbeidsmiljø*. Tilgjengelig fra: <https://www.ncc.no/vare-tjenester/kundelofte/digital-bygging/droner/> (Hentet: 29.01.23)
- Norconsult (2021) *VR i byggebransjen – Norconsult og Ntention leder an*. Tilgjengelig fra: <https://www.norconsult.no/aktuelt/nyheter/vr-i-byggebransjen--norconsult-og-ntention-leder-an/> (Hentet: 22.01.23)
- NTNU Universitetsbibliotek (u.å.) *Databaser/Artikler*. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/blogger/ub-mh/finn-litteratur/databaser-artikler/> (Hentet: 11.01.21)
- NTNU Universitetsbiblioteket (2021) *Finne kilder*. Tilgjengelig fra: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Finne+kilder> (Hentet: 08.10.21)
- NTNU (u.å.) *IMRoD-struktur på vitenskapelige tekster*. Tilgjengelig fra: <https://i.ntnu.no/oppgaveskriving/imrod-struktur> (Hentet: 19.02.23)
- OECD (2015) Data-driven innovation: Big data for growth and well-being, *OECD Publishing, Paris*. DOI: <http://dx.doi.org/10.17879789264229358-en>
- Onsøyen, L.E. og Spjelkavik, I. (2002) *Læring i arbeidslivet: erfaringsoverføring mellom prosjekter*. Trondheim: SINTEF, Teknologiledelse, Produktivitet og prosjektledelse (SINTEF rapport (SINTEF. Produktivitet og prosjektledelse: trykt utg.).
- Ramsdal, R. (2018) Folk i bransjen sa robot-ideene var umulige. Nå tjener gründere penger på boreroboten, *Teknisk Ukeblad*. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/folk-i-bransjen-sa-robot-ideene-var-umulige-na-tjener-grunderne-penger-pa-boreroboten/451986> (Hentet: 10.02.23)
- Regjeringen.no (2018) *Personvernforordningen (GDPR)*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2014/aug/forslag-til-personvernforordning/id2433856/> (Hentet: 12.01.23)

- Regjeringen (2014) *Digitalisering i offentlig sektor*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/statlig-forvaltning/ikt-politikk/digitaliseringen-i-offentlig-sektor/id2340245/> (Hentet 15.12.21)
- Richard, R.-B. (2005) Industrialised building systems: reproduction before automation and robotics, *Automation in construction*, 14(4), pp. 442–451. DOI: 10.1016/j.autcon.2004.09.009
- Rossen, E. Og Nätt, T. H. (2022) API, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/API> (Hentet: 29.01.23)
- Røvang, N.C. (2021) *Bruk av digitale hjelpemidler på byggeplass*. Trondheim
- Saunders, M., Lewis, P. og Thornhill, A. (2009) *Research methods for business students*. 5th edn. Essex: Pearson Education.
- Sezer, A.A., Thunberg, M. and Wernicke, B. (2021) Digitalization Index: Developing a Model for Assessing the Degree of Digitalization of Construction Projects, *Journal of construction engineering and management*, 147(10), pp. Journal of construction engineering and management, 2021, Vol.147 (10). DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002145
- SINTEF (2021) BAE-næringen trenger felles satsing på digitalisering. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2021/bae-naringen-trenger-felles-satsing-pa-digitalisering/> (Hentet: 10.10.21)
- Skriv & Søk (2022) *Søketeknikker*. Tilgjengelig fra: <https://www.sokogskriv.no/soking/soketeknikker.html#siteringssøk> (Hentet: 11.01.23)
- Smith, D.K. og Tardif, M. (2012) *Building Information Modeling*. 1. Aufl. Hoboken: Wiley. DOI: 10.1002/9780470432846
- Statistisk sentralbyrå (2021) Innovasjon i næringslivet. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/teknologi-og-innovasjon/forskning-og-innovasjon-i-naeringslivet/statistikk/innovasjon-i-naeringslivet> (Hentet: 17.12.21)
- Statsbygg (2021) *Helt i hundre for droner*. Tilgjengelig fra: <https://www.statsbygg.no/nyheter/helt-i-hundre-for-statsbyggs-droner> (Hentet: 29.01.23)
- Stewart, R.A., Mohamed, S. og Daet, R. (2002) Strategic implementation of IT/IS projects in construction: a case study, *Automation in construction*, 11(6), pp. 681–694. DOI: 10.1016/S0926-5805(02)00009-2
- Stoyanova, M. (2020) Good practices and recommendations for success in construction digitalization, *TEM Journal*, 9(1), pp. 42–47. DOI: 10.18421/TEM91-07
- Strand, S. S. (2020) *Dalux vil utstyre 35.000 norske bygningsarbeidere med AR-teknologi*. Tilgjengelig fra: <https://www.bygg.no/dalux-vil-utstyre-35-000-norske-bygningsarbeidere-med-ar-teknologi/1436841/> (Hentet: 22.01.23)
- Svalestuen, F. et al. (2017) Using Building Information Model (BIM) device to Improve Information Flow and Collaboration on Construction Sites, *Journal of Information Technology in Construction*, volum 22, s. 204-219.
- Tjora, A. H. (2017) *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. 3. utg. Oslo: Gyldendal akademisk.

Thagaard, T. (2018) *Systematikk og innlevelse: En innføring i kvalitative metoder*. 5. utg. Bergen: Fagbokforl.

Wohlin, C. (2014). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering, *Proceedings of the 18th International Conference on evaluation and assessment in software engineering*. 13. Mai 2014, s.1–10. DOI: 10.1145/2601248.2601268

Won, J. *et al.* (2013) Where to Focus for Successful Adoption of Building Information Modeling within Organization, *Journal of construction engineering and management*, 139(11), pp. Journal of construction engineering and management, 2013, Vol.139 (11). DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000731

Young Jr., N.W., Jones, S.A. og Bernstein, H. M. (2008) *Building information modeling (BIM) transforming design and construction to achive greater industry produktivity*. (Smart market report 2008). New York: McGraw-Hill Construction. Tilgjengelig fra: http://images.autodesk.com/latin_am_main/files/mcgraw-hill_construction_bim_smartmarket_report_december_2008.pdf (Hentet 19.01.23)

Vedlegg

Vedlegg A: Forenklet søkerlogg masteroppgave

Vedlegg B: Forenklet søkerlogg prosjektoppgave

Vedlegg C: Intervjuguide for byggebransjen

Vedlegg D: Intervjuguide for oljebransjen

Vedlegg A – Forenklet søkerlogg masteroppgave

Database	Søkeord	Avgrensninger	Navn på kilde	Funnet ved snowballing	Forfattere	Årstall	Inkludert
Scopus	"Virtual design and construction" AND VDC AND BIM	2012 - nå	Virtual design and construction	nei	Kunz, J. og Fischer, M.	2012	ja
Google Scholar	"Virtual design and construction" AND VDC	2012 - nå	Virtual design and construction: theme, case studies and implementation suggestions	nei	Kunz, J. og Fischer, M.	2020	ja
Oria			Virtual design and construction er ... Praksis, prinsipper og perspektiver	nei	Hjelseth, E.	2022	ja
Scopus	Implement* AND technology AND construction AND AEC and ICT		Information and communication technology applications in architecture, engineering, and construction organizations : A 15-year review	nei	Lu, Y. et al.	2015	ja
Scopus			Strategic implementation of IT/IS projects in construction: a case study	ja	Stewart, R.A. et al	2002	ja
Scopus	implementation OR adoption AND technology AND "success factors" AND bim	2012 - nå	Where to focus for successful adoption of building information modeling within organization	nei	Won, J. et al.	2013	ja
Fritt søk google			Building Information Modeling (BIM) transforming design and construction to achieve greater productivity	ja	Young Jr., N.W. Et al.	2008	ja
Scopus	implementation AND technology AND construction AND bim AND strateg*		Building Information Modeling: A strategic implementation guide for architects, engineers, constructors and real estate asset managers	nei	Smith, D.K. og Tardif, M.	2009	ja
Scopus	"Change management" AND construction AND implement* AND "Organisational change" OR "organizational change"		Change management i construction: the current context	nei	Erdogan, B. et al.	2005	ja
scopus	"Change management" AND construction AND implement* AND "Organisational change" OR "organizational change"		Collaboration environments for construction: management of organizational changes	nei	Erdogan, B. et al.	2014	ja
Oria	"Change management" AND theory AND organisation*		Theory and practice of change management	nei	Hayes, J.	2018	ja
Scopus	"knowledge transfer in organizations" OR "knowledge transfer in organizations"		Knowledge transfer in organizations: The role of members, tasks, tools and networks	nei	Argote, L. og Fahrekopf, E.	2016	ja

Database	Søkeord	Avgrensninger	Navn på kilde	Funnet ved snowballing	Forfattere	Årstall	Inkludert
Scopus	"knowledge transfer in organizations" OR "knowledge transfer in organizations"		Knowledge transfer: A Basis for Competitive Advantage in Firms	nei	Argote, L. og Ingram, P.	2000	ja
Scopus			Mechanisms and Components of Knowledge Transfer: The Virtual Special Issue on Knowledge transfer within Organizations	ja	Argote, L. et al.	2022	ja
Oria	erfaringsoverføring	utelukk masteroppgave	Læring i arbeidslivet: erfaringsoverføring mellom prosjekter	nei	Onsøyen, L. E. og Spjelkavik, I.	2002	ja
Scopus			Collaboration environments for construction: implementation case studies	ja	Erdogan, B. et al.	2008	ja
Scopus	digitization AND people AND challenges and technology AND employees		It's not just about technology: the people side of digitization	nei	Kohnke, O.	2016	ja
Scopus	"resistance to implementation" AND technology AND construction		Implementing innovation in construction: contexts, relative boundedness and actor-network theory	nei	Harty, C.	2008	ja
Oria	"automation in construction" AND barriers		Barriers and impact of mechanisation and automation in construction to achieve better quality products	nei	Kamaruddin, S. S. et al.	2016	ja
Scopus			Industrialised building systems: reproduction before automation and robotics	ja	Richards, R. -B.	2005	ja
Scopus	"construction automation" AND robotics AND technology	2012 - nå	The future of construction automation: technological disruption and the upcoming ubiquity of robotics	nei	Bock, T.	2015	ja
Oria	Digitalization AND construction	2020 - nå, fagfelleverdert, digitization	Digitalization index: developing a model for assessing the degree of digitalization of construction projects	nei	Sezer, A. A. et al.	2021	ja
Oria	Digitalization AND construction	2020 - nå, fagfelleverdert, digitization	Digitalization opportunities road mapping tool (DORMT): a framework to assess digitalization opportunities in construction organizations	nei	Gebretekle, Y. T. et al.	2022	ja
Oria	Digitalization AND construction	2020 - nå, fagfelleverdert, digitization	Good practices and recommendations for success in construction digitalization	nei	Stoyanova, M.	2020	ja

Vedlegg B – Forenklet søkerlogg prosjektoppgave

Database	Søkeord	Avgrensninger	Navn på kilde	Funnet ved snowballing	Forfattere	Årstall	Inkludert
Scopus	challenges AND "construction site" OR "construction process" AND digital OR tool AND ALL norway		Using building information model (BIM) devices to improve information flow and collaboration on construction sites	nei	Svalestuen, F. Et al.	2017	ja
Scopus	challenges AND "construction site" OR "construction process" AND digital OR tool AND ALL norway		How tablets can improve communication in construction projects	nei	Harstad, E. Et al.	2015	ja
Scopus	challenges OR opportunities AND "construction site" AND digital AND norway		Peeking into the void: Digital twins for construction site logistics	nei	Greif, T. Et al.	2020	nei
Oria	challenges AND "construction site" AND bim AND norway		Bridging the gap: Bringing BIM to construction workers	nei	Bråthen, K. og Moum, A.	2016	ja
Scopus	construction AND digital AND technology AND bim OR "building information modeling AND norway		Building information modeling: The dream of perfect information	nei	Møller, N. L. H. og Bansler, J. P.	2017	nei
Scopus	construction AND digital AND technology AND bim OR "building information modeling AND norway		Effective digital collaboration in the construction industry - A case study of BIM deployment in a hospital construction project	nei	Merschbrock, C. og Munkvold, B. E.	2015	nei
Scopus	construction AND digital AND technology AND bim OR "building information modeling AND norway		On-site inspections: The shift from forms to digital capture	nei	Rolfen, C. N. og Lassen A. K.	2020	nei
Scopus	construction AND digital AND technology AND bim OR "building information modeling AND norway		Experience from the use of BIM-stations	nei	Murvold, V. Et al.	2016	ja
Scopus			BIM-stations: what it is and how it can be used to implement lean principles	ja	Murvold, V. Et al.	2016	nei
Scopus			Implementing 'site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project	ja	Davies, R. og Harty, C.	2013	ja
Scopus			BIM technology acceptance among reinforcement workers - The case of oslo airport's terminal 2	ja	Merschbrock, C. og Rolfen, N. C.	2016	nei
Scopus			On-site construction management using mobile computing technology	ja	Kim, C. Et al.	2013	nei
Scopus			BIM + AR: Onsite information sharing and communication via advanced visualization	ja	Wang, X. og Love, P. E. D.	2012	nei
Scopus			Building information modeling and field operations: Opportunities and challenges	ja	Harris, B. N. og Alves, T. C. L.	2020	nei
Scopus			Site managers' daily work and the uses of building information modelling in construction site management	ja	Mäki, T. og Kerosuo, H.	2015	nei
Scopus	"Digital Twin" AND "construction site"		Utilizing industry 4.0 on the construction site: challenges and opportunities	nei	Turner, C. J. Et al.	2021	nei

Vedlegg C – Intervjuguide for byggebransjen

Oppvarmingsspørsmål:

- Hvilken bedrift jobber du for?
- Hva slags stilling har du?
- Hvilke arbeidsoppgaver har du?
- Hva er bedriftens visjon?

Refleksjonsspørsmål:

1. Hvilke digitale hjelpemidler bruker dere på byggeplass/under produksjon?
 - Hvordan benytter dere disse?
2. Hvordan planlegges det for bruken av de digitale hjelpemidlene?
 - Hvilke hensyn er viktige å ta for bruk av hjelpemidlene?
3. Hvilke erfaringer har du/bedriften ved bruken av disse hjelpemidlene?
 - Hva er fordeler med hjelpemidlene?
 - Bidrar de til økt produktivitet?
 - Bidrar de til økt forståelse for arbeidsoppgaver?
 - Bidrar til bedre kommunikasjon?
 - Har du sett noen utfordringer/ulempes med bruken av disse hjelpemidlene?
 - Hvilke utfordringer har du/bedriften sett ved implementering av hjelpemidlene og har noen vært vanskeligere enn andre?
 - Er det hjelpemidler som må videreutvikles/ tilpasses bedre?
4. Hvilke hjelpemidler tror du det kommer mere av?
 - Blant annet:
 - Droner?
 - Roboter?
 - Hva slags type hjelpemidler tror du er fremtiden?
5. Hvilke hjelpemidler ser du et behov for under produksjon? / Hvor ser du et behov for digitalisering?
 - Er det noen spesielt krevende prosesser/arbeidsoppgaver som hadde hatt et stort utbytte av digitalisering?
 - På hvilket område ville du fokusert på å utvikle hjelpemidler?
6. Flere kilder påpeker at: byggebransjen har kommet kort/ ligger bak når det gjelder digitalisering. Kan du reflektere litt rundt denne påstanden?

Avslutningsspørsmål:

Tror du det er mye byggebransjen kan lære av oljebransjen?

Vedlegg D – Intervjuguide for oljebransjen

Oppvarmingsspørsmål:

- Hvilken bedrift jobber du for?
- Hva slags stilling har du?
- Hvilke arbeidsoppgaver har du?
- Hva er bedriftens visjon?

Refleksjonsspørsmål:

1. Hvilke digitale hjelpemidler bruker dere til bygging/produksjon av plattformer og/eller lignende konstruksjoner?
 - Hvordan benytter dere disse?
2. Hvordan planlegges det for bruken av de digitale hjelpemidlene?
 - Hvilke hensyn er viktige å ta for bruk av hjelpemidlene?
3. Hvilke erfaringer har du/bedriften ved bruken av disse hjelpemidlene?
 - Hva er fordeler med hjelpemidlene?
 - Bidrar de til økt produktivitet?
 - Bidrar de til økt forståelse for arbeidsoppgaver?
 - Bidrar til bedre kommunikasjon?
 - Har du sett noen utfordringer/ulempes med bruken av disse hjelpemidlene?
 - Hvilke utfordringer har du/bedriften sett ved implementering av hjelpemidlene og har noen vært vanskeligere enn andre?
 - Er det hjelpemidler som må videreutvikles/ tilpasses bedre?
4. Hvilke hjelpemidler tror du det kommer mere av?
 - Blant annet:
 - Droner?
 - Roboter?
 - Hva slags type hjelpemidler tror du er fremtiden?
5. Hvilke hjelpemidler ser du et behov for under produksjon? / Hvor ser du et behov for digitalisering?
 - Er det noen spesielt krevende prosesser/arbeidsoppgaver som hadde hatt et stort utbytte av å digitalisere?
 - På hvilket område ville du fokusert på å utvikle hjelpemidler?

Avslutningsspørsmål:

Hva kan byggebransjen lære av oljebransjen når det gjelder digitalisering og digitale hjelpemidler?

