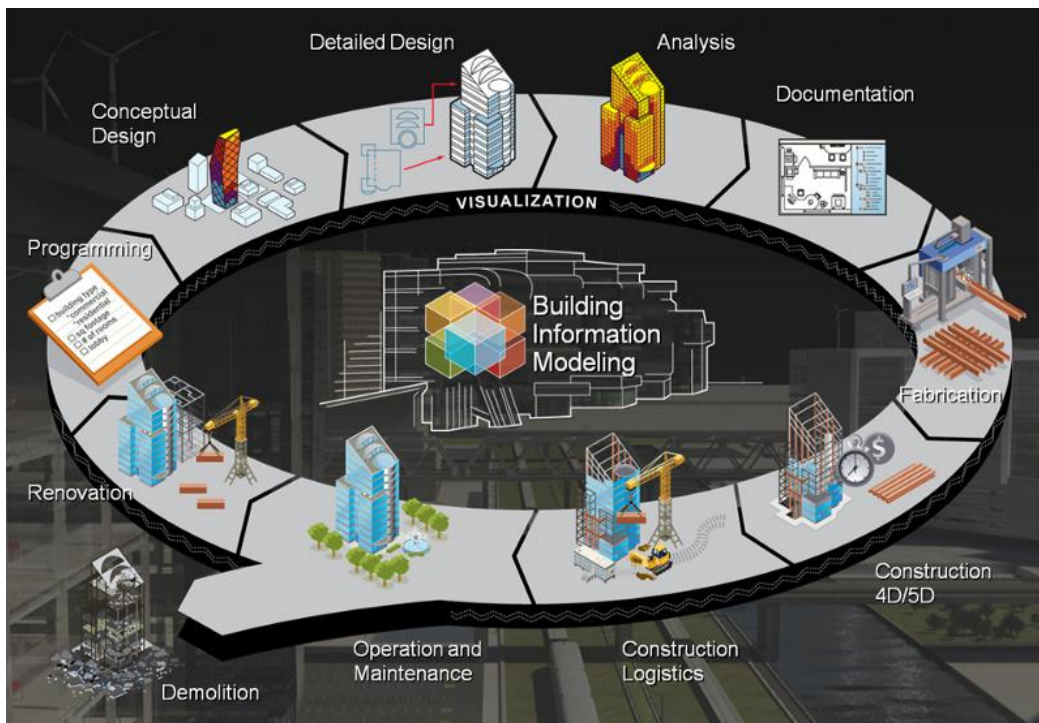


NTNU



# Måle effekter av digitalisering i den norske byggenæringen

FORPROSJEKT

Ragnhild Kvalshaugen, Professor

Sergejs Groskovs, PhD

Senter for byggenæringen, Handelshøyskolen BI

*FOR-PROSJEKTET ER FINANSIERT AV BAE-PROGRAMMET I PROSJEKT NORGE, BI'S SENTER FOR BYGGENÆRINGEN OG VDC-PROGRAMMET VED NTNU.*

## Innholdsfortegnelse

<b>Bakgrunn og mål med studien</b> .....	<b>2</b>
<b>En digital byggeprosess</b> .....	<b>3</b>
<i>Mål med forprosjektet</i> .....	5
<i>Mål med den endelige studien</i> .....	5
<b>Aktiviteter gjennomført i forprosjektet</b> .....	<b>6</b>
<b>Litteratur studie (skrevet på engelsk)</b> .....	<b>7</b>
<i>Publication outlets</i> .....	7
<i>Methodological approaches</i> .....	8
<i>Geographical scope of the studied construction projects</i> .....	8
<i>Independent variables</i> .....	8
<i>Dependent variables and reported effects</i> .....	9
<i>Control variables and other bases for comparison</i> .....	9
<i>Insights from the scarcely available quantitative research</i> .....	9
<b>Utkast til forskningsdesign for hovedstudiet</b> .....	<b>10</b>
<i>Økonometrisk analyse</i> .....	10
<i>Kvasi-eksperimentell design</i> .....	11
<i>eksempler på Type data fra byggeprosjekter</i> .....	11
<i>Forskningsprosess og praktisk samarbeid</i> .....	13
<i>Forventet utfall for deltakende virksomhet – ledelsesbeslutningsstøtte</i> .....	13
<b>En pilot hos en dansk entreprenør</b> .....	<b>14</b>
<b>Veien videre</b> .....	<b>16</b>
<b>Referanser</b> .....	<b>17</b>

## Bakgrunn og mål med studien

I Norge er det etablert to digitale veikart (2017 og 2020) for Bygge-, anleggs- og eiendomsnæringen (BAE-næringen) samt at det er gjennomført en rekke bransjeovergrepene tiltak for å heldigitalisere byggeprosess og drift og vedlikehold av bygg og anlegg. Denne næringen er Norges største fastlandsnæring med investeringer på 493 milliarder kroner (tall fra 2019)<sup>i</sup>. Basert på beregninger gjort i Storbritannia antas det at en heldigital norsk BAE-næring gir et gevinstpotensial opp mot 100 milliarder kroner årlig. Stat og kommune er store byggherrer og innsparingene vil derfor komme fellesskapet til gode. Gevinstene ved en heldigital byggeprosess anslås å redusere klimagassutslippene i næringen med 40%, føre til 50% raskere prosjektgjennomføring, 25% kostnadsreduksjon og 50% økt eksport av varer og tjenester (Digitalt veikart, 2017). Det er stor oppslutning om at digitalisering er sentralt for forbedring av produktivitet og prestasjoner i byggenæringen (Renz & Solas, 2016). Foreløpig er ingen av disse gevinstene synlig i BAE-næringen til tross for mange initiativer og tiltak. Videre har vi dessverre bare anekdotiske bevis av forretningsverdi ved digitalisering av byggeprosess. Til tross for store investeringene i digital teknologi og tilhørende prosesser rangeres bransjen ofte i det nedre sjiktet i undersøkelser som omhandler produktivitet og digital modenhet (Barbosa et al., 2017; Gandhi, Khanna, & Ramaswamy, 2016; Kane, Palmer, Phillips, Kiron, & Buckley, 2015).

Vår hypotese er at det trengs analyser av digitaliseringens effekter på tvers av aktørene i kjerneprosessene i oppføring og drift/vedlikehold av bygg og anlegg. Et eksempel er håndtering av byggematerialer i byggeprosess hvor det antas å ligge betydelige gevinster i digitaliserte prosesser (Agarwal, Chandrasekaran, & Mukund, 2016). Her er mange aktører involvert; produsenter av materialene (lager materialene), distributører (selger og distribuerer), arkitekter (velger materialer), rådgivere (gir råd til hvilke materialer som skal brukes og i hvilke mengder), entreprenører (bestiller og bygger) og byggeiere (drifter og vedlikeholder). Hvordan hele kjerneprosessen rundt materialhåndtering gjennomføres, har konsekvenser for effektivitet i varelevering, gjenbruk og avfall, kvalitet på byggeriet og funksjonalitet til byggeriet i drift. Derfor må helheten i byggeprosjekter være analyseenhet og ikke delprosesser som hver enkelt aktør bidrar med. Det er ofte i skjæringspunktet mellom aktører at sømløsheten som digitalisering gir strander. Analyse av utvalgte kjerneprosesser vil også kunne gi grunnlag for å forstå hvor denne kan og bør endres som følge av digitalisering. Med andre ord, gevinster av digitalisering vil mest sannsynlig være like store om ikke større på *tvers av aktører* snarere enn innad i involverte organisasjoner samt at digitalisering av kjerneprosesser kan gi grunnlag for utvikling av nye forretningsmodeller. For å realisere den digitale transformasjonen i BAE-næringen kreves analyser, beslutningsgrunnlag og tiltak som ikke bare gjennomføres av hver enkelt aktør, men i felleskap blant flere aktører i byggeprosess. Dette er også påpekt i Digitalt veikart 2.0<sup>ii</sup> «Vi må i større grad finne måter å jobbe på som gjør at vi digitaliserer sammen og ikke hver for oss» (s. 9). Allerede i Digitalt veikart fra 2017 var man opptatt av viktigheten av en analytisk tilnærming til en heldigitalisert byggeprosess «ved å spre beste praksis om

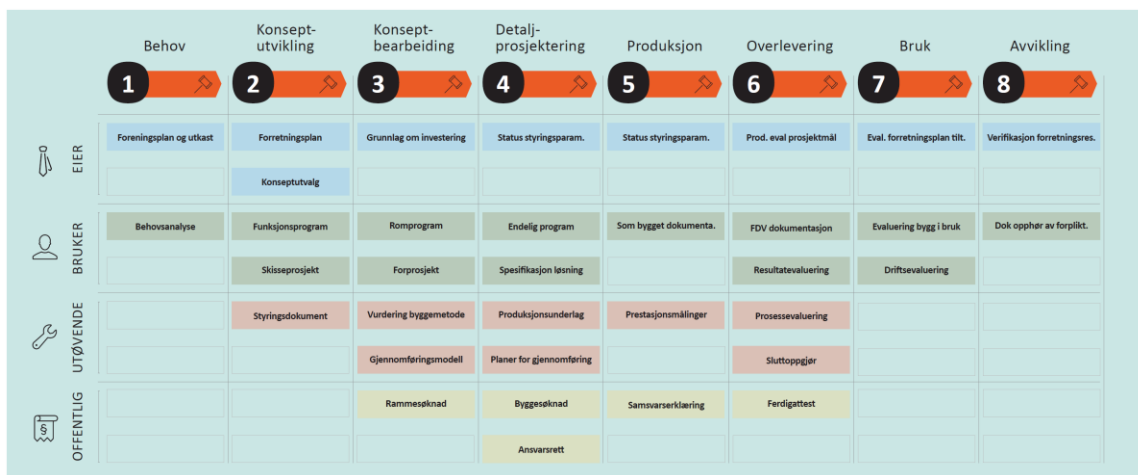
digitale arbeidsprosesser og forretningsmodeller, og måle effekten av dette»<sup>iii</sup>. Imidlertid finnes det per dags dato ingen metode eller initiativ for å måle gevinster av digitale arbeidsprosesser og forretningsmodeller i BAE-næringen selv om det foregår utstrakt pilotering på feltet. Vi har derfor gjennomført et forprosjekt for å undersøke hvordan en slik studie kan gjennomføres og hvorvidt en slik studie oppleves som nyttig og relevant for BAE-næringen med tanke på forbedringer av produktivitet og utvikling. Hovedprosjektet har som ambisjon å bidra til utvikling av en slik metode ved å ta et prosjektperspektiv, dvs. inkludere alle aktører og prosesser i en byggeprosess og måle effekten av digitalisering på byggeprosjekters ytelse.

## En digital byggeprosess

Det digitale veikartet fra 2017 beskriver fire forutsetninger som må ligge til grunn for at næringen skal bli heldigitalisert:

- Etablere felles digital plattform med felleskomponenter for bygge- og anleggsprosjekter
- Sørge for at norske standarder og lover og regler blir tilrettelagt for digital samhandling
- Kompetanseutvikling i bedrift og utdanningssystemet
- Realisere gevinster ved å spre beste praksis om digitale arbeidsprosesser og forretningsmodeller, og måle effekten av dette.

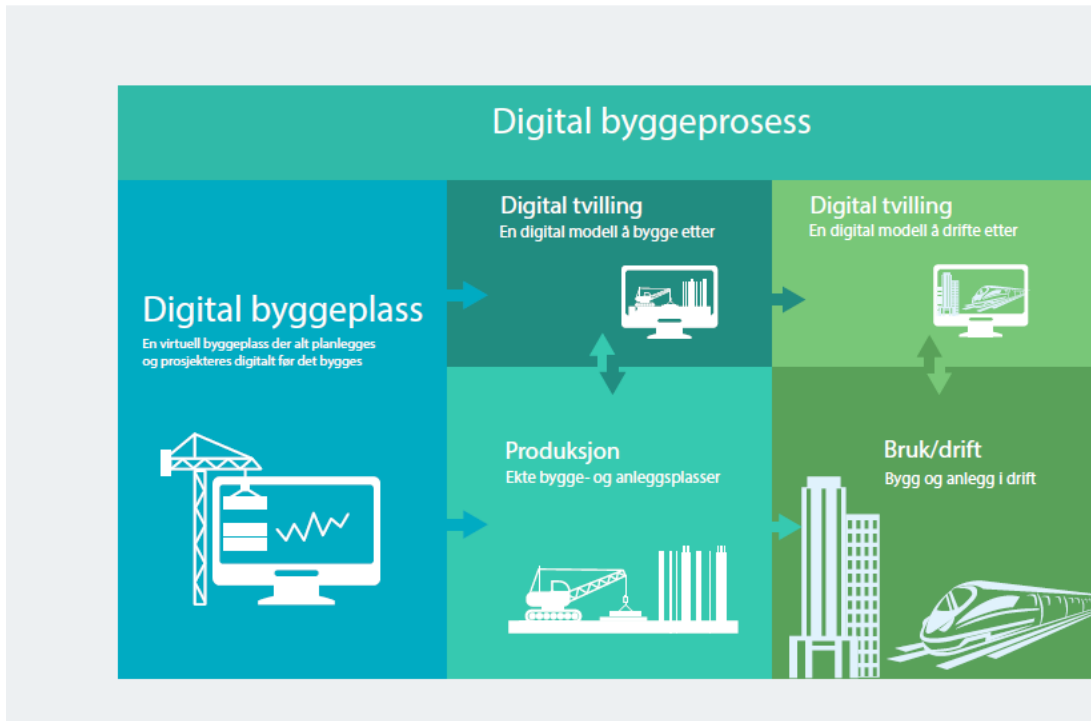
Vi vet at gevinster fra digitalisering skapes i ulike faser i byggeprosessen og ikke minst i grensesnittene mellom aktørene. Fasenormen utviklet av Bygg21 tydeliggjør hvilke faser og hvilke aktører som normalt inngår i en byggeprosess. Antydning til kjerneprosesser finner vi her; finansiering av byggeriet, design og planlegging av byggeriet, godkjenning av byggeriet, produksjon av byggeriet, og drift og vedlikehold av byggeriet. Dette må imidlertid utvikles videre i et hovedprosjekt:



Figur 1: Faser i byggeprosess (Fasenormen – neste steg, Bygg21, s. 4)<sup>iv</sup>

En digital byggeprosess består av en digital byggeplass og en digital tvilling (Digitalt veikart, 2017). På den digitale byggeplass planlegges byggeriet virtielt. Et av kjerneproduktene i den digitale byggeplass, er den digitale tvilling. Denne produseres hovedsakelig ved bruk av BygningsInformasjonsModellering (BIM). Mange aktører har kommet langt i utvikling av digitale tvillinger, men det viser seg imidlertid at vi for sjelden har fullberikede BIMer som følger hele livssyklusen til byggeriet. I stedet for digital tvilling, finner vi digitale trillinger, firlinger etc. I praksis sitter ofte aktørene på *hver sin* digitale tvilling tilrettelagt for sitt formål i stedet for en felles utvikling av den digitale tvilling som et «stafettløp» der aktørene «tar over» den digital tvilling etter hverandre og beriker den med «sin» digitale informasjon. For å få til en slik prosess, kreves det innsats fra byggherrer. Med andre ord, det må stilles krav til komplette digitale tvillinger fra oppdragsgiver. Vi ser at noen av byggherrene er i ferd med å lykkes med dette, bl.a. ved at det brukes verktøy ala «BimSync» som gjør det mulig å utveksle informasjon mellom BIMer som hver av aktørene besitter samt at det utformes kravspesifikasjoner (standarder) til BIM ala Statsbyggs SIMBA som letter samhandling mellom prosjekterende og utførende i byggeprosess. Imidlertid er det mange beslutningsspørsmål i kjølvannet av dette, bl.a. hvordan få til gode overganger mellom aktørene, hvem skal legge inn hvilke informasjon, hvem skal eie informasjonen i etterkant for å kunne bruke den til for eksempel AI og maskinlæring, hvordan skal utvikling av den digitale tvilling kompenseres, og hvordan kan selve byggeprosessen utvikles ved digitalisering (ikke bare sette strøm på papir, men gjøre aktiviteter på andre måter) for å nevne noen eksempler. For å svare på slike spørsmål, må vi ha et systematisk beslutningsgrunnlag for å forstå hvordan nå-situasjonen er. En slik innsikt ønsker vi å utvikle i hovedprosjektet. Denne innsikten gir grunnlag for å gjøre målrettede prosessinnovasjoner for å ta ut de forventende verdiene av digitalisering i

byggeprosess.



Figur 2: En digital byggeprosess (s. 4, Digitalt veikart, 2017)

## MÅL MED FORPROSJEKTET

Målet med forprosjektet har for det første vært å gjøre en systematisk litteraturstudie for å undersøke i hvilken grad og hvordan gevinster av digitalisering i bygg- og anleggsnæringen har vært målt og studert. Videre ønsker vi å vurdere hvordan forskningsdesignet av en slik studie kan se ut og hvorvidt det er realistiske å gjennomføre en slik studie i Norge; synes relevante virksomheter dette er nyttig, er de villig til å bidra med data, har de relevant data tilgjengelig fra sine prosjekter?

## MÅL MED DEN ENDELIGE STUDIEN

Målet er å utvikle en metode for gevinstberegninger av digitalisering i kjerneprosesser i byggeprosess, og gjennomføre en stor kvantitativ studie for å måle effekter av digitalisering. BAE-næringen har gjennomført betydelige investeringer i BIM og samarbeidsrelaterte arbeidsmetoder (f.eks. Virtual Design and Construction (VDC), Lean og andre lignende konsepter). Likevel, det mangler en klar og målbar forståelse av forretningsverdien til disse investeringene. Denne studien tar sikte på å samle inn data på prosjektnivå og bruke statistiske metoder for å få frem effekter av digitalisering på tid, kost, kvalitet, klimaavtrykk og andre relevant ytelsesfaktorer i byggeprosjekter. For å få robuste funn, ønsker vi å samle inn og analysere data fra mange bygg- og anleggs-/infrastruktur prosjekter og involverte aktører.

## Aktiviteter gjennomført i forprosjektet

Forprosjektet har vært gjennomført fra august – november 2020. Prosjektet ble initiert av Ragnhild Kvålshaugen og Sergejs Groskovs fra BI, Eilif Hjelseth og Alexander Langlo fra NTNU. I tillegg har Sujan Sujesh (forsker fra NTNU), Petrine Djupvik-Flaa (PhD student) Henriette Rogne og Carl Oscar Forsman Ludvigsen (masterstudenter fra BI) vært involvert i litteraturstudien.

Vi har gjennomført følgende aktiviteter i forprosjektet:

- **Litteraturstudie.** Vi er i ferd med å gjennomføre en litteraturstudiet i forprosjektet for å få en status på hvordan gevinstrealisering av digitalisering i byggeprosess har vært målt internasjonale forskningsstudier. En kort versjon av litteraturstudien følger i neste delkapittel. Konklusjonen er at det p.t. ikke eksisterer en helhetlig metode for å beregne gevinstrealisering av digitalisering i byggeprosjekter verken i Norge eller internasjonalt.
- **Utarbeidet opplegg til forskningsdesign.** Denne presenteres i delkapittel senere i rapporten.
- **Workshop for å diskutere mulig forskningsdesign.** I august gjennomførte vi en digital workshop for å diskutere hvilke variable som er interessante å inkludere i en studie av gevinster ved digitalisering av byggeprosesser. På denne workshopen deltok åtte eksperter på digitalisering i BAE-næringen. Det ble konkludert at utover de variablene som var inkludert i den danske piloten (se senere delkapittel) så må variable som omhandler samarbeid mellom aktørene samt prosjektlederens kvalifikasjoner inkluderes. Dette er imidlertid noe vi må utforske videre i en hovedstudie. Det er to mulig forskningsdesign som synes aktuelle – økonometrisk analyse og kvasi-eksperimentell design. Mer om dette senere i rapporten under delkapittelet Forskningsdesign.
- **Presentert og diskutert med BNL, EBA og CCC.** Bransjeforeningene er viktig i BAE-næringen. Vi har hatt et felles møte med BNL og EBA i forprosjektet. Konklusjonen er at en slik studie er viktig for bransjen og i tråd med å realisere ambisjonene i de to digitale veikartene BNL har stått i bresjen for å utvikle. De stiller seg bak initiativet. Det samme gjør CCC (Construction City klyngen). De kommer til å bli en sentral aktør for å samle et konsortium slik at vi får utviklet en metode for gevinstberegning i kjerneprosesser knyttet til planlegging, produksjon, drift og vedlikeholdet av byggerier. CCC er en næringsklynge og i kjølvannet av det har vi også hatt dialog med andre relatert næringsklynger for videre samarbeid, bl.a. Smart Construction klyngen (<http://www.smartconstruction.no/>). I et hovedprosjekt vil et samarbeid med de utvikles videre.
- **Dialog med personer involvert i Digitalt veikart 2.0.** Vi har hatt dialog med sentrale personer involvert i utvikling av Digitalt veikart 2.0. En av de viktigste anbefalingene i dette veikartet er å styrke den forretningsmessige tilnærmingen til digitalisering av byggeprosess og at aktørene i BAE-næringen må digitalisere sammen og ikke hver for seg. Digitaliseringen må forankres i virksomhetens strategi og forretningsplaner, knyttes til byggeprosjektene og har klare ambisjoner og mål. For å ta en slik forretningsmessig tilnærming til digitalisering, må

beslutningstakerne ha analysegrunnlag om nå-situasjonen for vurdering av tiltak for å realisere ambisjoner og fremtidige mål. Disse aktørene mener derfor et slikt metodeverk vi planlegger å utvikle, er helt avgjørende for at effektmålene av en digitalisert BAE-næringen skal realiseres.

- **Samtaler med aktører i byggeprosess.** Vi har diskutert ideen til forskningsprosjektet med ca. 10 ulike aktører i BAE – byggherrer, entreprenører og rådgivende ingeniører. Disse er alle positive til initiativet, og mange har antydnet at de kan være med som samarbeidspartnere og stille med relevante data.

## Litteratur studie (skrevet på engelsk)

As part of this pre-project, we are conducting a comprehensive literature review on the effects of digitalization in construction projects.

We are following a systematic approach, where we, first, identify relevant scientific papers from a database using keyword search; second, manually review the abstracts for relevance; third, systematically read and code the relevant full papers; and fourth, analyze and summarize the insights.

In the first phase, we searched the Scopus database for papers that featured the keywords related to the effects of BIM and VDC. We identified 1,815 papers and after discarding false positives reduced the selection to 1,287 papers. In the second phase, this large sample was further cleaned from irrelevant entries based on abstract reading by two student assistants over a period of one and a half months; the sample at this point was reduced to 332 papers. Currently, in the third phase, three researchers are involved in systematic reading and coding of these papers to extract the necessary insights. As of this writing, 188 papers have been processed over one-month period—and 144 still remain to be processed.

As the review is still ongoing, we can only report the results of a preliminary analysis. This analysis is based on a sample of the processed articles that covers the majority of the relevant papers published between 2017 to 2020 that were accessible to us via BI or NTNU library subscriptions ( $n=69$ ).

### PUBLICATION OUTLETS

- Most of the papers are published in scientific journals (76%) followed by conferences (23%).
- The selection of outlets is quite diverse and includes 43 different titles. All of the publications are classified within the construction management, engineering, or information technology disciplines. Publications in general management, strategy, project management, or other traditional business management outlets are virtually non-existent.
- The top outlet is the well-recognized journal «Automation in Construction» with 10% of published contributions.



## METHODOLOGICAL APPROACHES

- The majority of papers attempt to collect and analyze quantitative data on the effects of BIM (43% of all papers). However, data collection predominantly occurs via surveys of project team members (2/3 of quantitatively oriented papers). This leads to the capture of human perceptions rather than actual performance data. If not surveys, the other common approach is single case studies, which account for 20% of papers with quantitative elements. In terms of sample sizes, the data collection efforts rarely venture out beyond 10 projects. Only three out of all recently published papers contain data from larger samples of projects.
- The second most widely applied methodological approach is rooted in the design research paradigm (32% of all papers). Such studies typically propose a new system, process, or solution to a problem and attempt to verify its validity in real-life context. However, these studies never engage with more than one, two, or three construction projects. In fact, in nine cases out of ten they study the application of the proposition in only one project. Furthermore, these papers typically rely on artificial simulations rather than interventions in real-life projects. Simulations account for almost half of all design research papers.
- The third most popular research design employs only qualitative data (13% of all papers) relying on group discussions and interviews to capture the reflections of project participants and experts on their observed effects of BIM in projects. These studies due to their nature never engage with large samples of cases. Most often, they focus on one project but never on more than nine. Despite that they may be collecting a wealth of data from diverse sources, these research designs struggle to make compelling claims in relation to the measured effects of digitalization.
- Finally, the studies that rely on other literature rather than empirical data account for 12% of all papers in the sample. Given that BIM and VDC are well-known concepts and their effects have been studied over the past 15 years, it is not surprising for literature reviews to exist by this time. However, as the basis of these studies is made of the same research projects as described above, they tend to inherit the same shortcomings.

## GEOGRAPHICAL SCOPE OF THE STUDIED CONSTRUCTION PROJECTS

- The interest of researchers in the effects of digitalization in construction is truly global. The projects included in published research are located in various countries across five continents.
- The most studied geographies are the USA and China, accounting for 12% and 7% of papers correspondingly.
- There is only one study from Norway (please note that the processing of papers is not yet complete and more studies are expected to surface).

## INDEPENDENT VARIABLES

- The most widely studied independent variables, the effects of which the researchers attempt to clarify, is BIM as such (used vs not used in a project) as well as specific BIM applications in combination with other tools (e.g., specific software, plugins, hardware) or approaches/techniques (Lean, Green/Sustainability, VDC, Offsite manufacturing).

- More recent survey studies also tend to incorporate various degrees of BIM implementation (e.g., 4D, 5D, specific benefits, use in certain project phases).
- For our future study, this available research allows to identify relevant variables and their measurement approaches for targeted data collection.

## DEPENDENT VARIABLES AND REPORTED EFFECTS

- Our literature review aims to identify all possible effects of BIM at the level of the construction project. The selection of dependent variables captured in our analysis is therefore broad.
- The typically reported effects include improvements in project cost, time, quality, accuracy of estimations and planning, amounts of rework and RFIs, customer and stakeholder satisfaction, coordination, documentation, safety, and waste management to name just the most frequent ones.
- Whereas it is well-known that the implementation of new technologies in established work practices introduces new risks and challenges, the studies that report negative outcomes of BIM are rare.

## CONTROL VARIABLES AND OTHER BASES FOR COMPARISON

- Existing studies typically tend to zoom in on individual cases and compare the benefits achieved by BIM against alternative/conventional practices as perceived by project participants or against the same project as it was executed or could have been conducted without the specific digital tools.
- Normally, however, in quantitative multivariate regression-based analytical setups, the effect of the key variable of interest (which would be BIM in our case) is teased out by using the so-called control variables, i.e., all other important factors that may influence the performance outcomes.
- Given that the studies that we have seen so far almost never analyze large samples of projects, their claims of any reported effects are inherently less trustworthy. In other words, it seems that we indeed have plenty of anecdotal evidence of the positive outcomes of digitalization, but almost no hard evidence verified in comprehensive and robust studies.

## INSIGHTS FROM THE SCARCELY AVAILABLE QUANTITATIVE RESEARCH

- The only three studies that we have come across so far that rely on data from larger samples of projects are Franz & Messner (2019), Conde, García-Sanz-Calcedo & Reyes Rodríguez (2020), and Kelly & Ilozor (2019).
- Franz and Messner (2019) report the results of a survey of participants in 204 construction projects in the US. They apply a rather sophisticated measure of BIM use that involves five levels and report positive effects on construction unit cost, project delivery speed, group cohesion, and facility quality as well as negative effects on project cost growth. The study however suffers from respondent biases as the data were not collected directly from project documentation but rather recorded human perceptions or recollections of facts.
- Conde, García-Sanz-Calcedo, and Rodríguez (2020) offer an analysis of the implementation of 3D BIM in combination with photogrammetry across 121 small franchise store construction projects for a Spanish cosmetic brand. In their

- attempt to compare the new technologically upgraded design approach to a conventional practice of using CAD only, they observe positive effects on productivity and ROI and negative effects on the cost and time of construction, period until opening to public, and the number of RFIs. The study, however, does not make proper use of control variables, making it harder to defend the claims.
- Finally, Kelly and Ilozor (2019) conduct an analysis of archival data on 93 projects from one general contractor in the USA. They investigate the effects of BIM use on project cost growth, schedule growth, RFI ratio, and punchlist ratio, while also controlling for the effects of other important variables such as project delivery method, geographic region, gross area, number of floors, project setting, project type, and site civil scope. Their conclusion is interesting in the sense that they do not find statistically significant effect (at the 95% confidence level) of BIM use neither in the design nor construction phases. Possible reasons may be related to the relatively small sample size, specificity of the contractor's organization, and external factors such as the institutional context of the country, economic cycles, and weather. This study is reported to be one of the largest that has analyzed BIM in a multivariate context, controlling for the contribution of variables not related to BIM use.

## Utkast til forskningsdesign for hovedstudien

To design alternativer er vurdert som potensielt relevante aktuelle for et hovedprosjekt:

- Økonometrisk analyse av data fra et stort utvalg av fullførte byggeprosjekter. Bruke historiske prosjektdata.
- Kvasi-eksperimentell design med fokus på sammenligning av prosjekter med og uten bruk av digitale verktøy på et begrenset område, for eksempel boligbygging (leiligheter) i Oslo-området. Bruke historiske prosjektdata.

### ØKONOMETRISK ANALYSE

Formålet med en slik analyse er å klarlegge kvantitative sammenhenger for å få innsikt i økonomiske forhold. Slike studier gjennomføres ofte med multippel lineær regresjonsanalyse.

Følgende forutsetninger ligger til grunn for å kunne gjennomføre slike analyser:

- Et stort utvalg prosjekter
- Tilgang til relevante data – definisjon og målindikatorer på avhengig variable, uavhengig variabel og kontrollvariabler.
- Kategorisere byggeprosjekter etter grad av digitalisering.
- Undersøkelsen gjennomføres med statistiske analyser der det fokuseres på effekter av digitalisering i byggeprosjekter (uavhengig variabel) på diverse ytelsesfaktorer

for prosjekter (avhengige variable). Effektene kontrolleres med et sett av kontrollvariable.

Kjente utfordringer med dette designet er tilgang til data og kvaliteten på data samt identifisere de rette kontrollvariablene som eventuelt har sterkere forklaringskraft enn sammenhengen som undersøkes mellom avhengig og uavhengige variable.

Forundersøkelsene tyder på at data er tilgjengelig, men ikke nødvendigvis på ett sted og på en strukturert måte. Det betyr at utvikling av en database for dataanalyse vil være en betydelig jobb i et hovedprosjekt. Hvilke data som er viktig vil kunne identifiseres gjennom tverrfaglige samarbeid mellom NTNU og BI (kombinasjon av det bygg-faglige og det økonomiske). Her kan Norge lede an siden slike samarbeid ikke er så vanlige.

## KVASI-EKSPERIMENTELL DESIGN

Dette forskningsdesignet kjennetegnes av at det gjøres sammenligner mellom to grupper som får ulike stimuli, men hvor allokering til et bestemt stimuli ikke er tilfeldig (randomisert). Rent praktisk betyr dette at det velges prosjekter som er relativt like på de fleste variable bortsett fra grad av digitalisering (uavhengig variabel). Effekten av digitalisering på prosjekters ytelse måles gjennom komparative analyser mellom prosjekter med og uten digitalisering. Et eksempel kan være boligprosjekter hos Obos i Oslo-området med samme entreprenør hvor det historisk har vært variasjon i bruk av BIM i prosjektgjennomføring.

Et slik eksperiment gjennomføres på følgende måte:

- De to gruppene må identifiseres. De må være relativt like de flere områder bortsett fra grad av digitalisering.
- Tilgang til relevante data – definisjon og målindikatorer på avhengig variable, uavhengig variabel.
- Undersøkelsen gjennomføres med komparative analyser der prosjekter med digitalisering sammenlignes med de som ikke har det.
- Det må opprettes en eller flere kontrollgrupper, dvs. andre typer byggeri som måles i forhold til samme tematikk. Hvis funnene i kontrollgruppe(ne) er like kan man konkludere at funnene er robuste.

Kjente utfordringer med dette designet er tilgang til data og kvaliteten på data samt en prosjekttype som er relativt lik og med en riktig størrelse for å kunne gjennomføre komparative analyser. Videre må en kontrollgruppe identifiseres som omhandler en eller flere andre typer byggerier.

## EKSEMPLER PÅ TYPE DATA FRA BYGGEPROSJEKTER

Oversikten under antyder hvilke data som trengs for å gjøre analyser av effekter av digitalisering. Fokuset her er på byggeprosjekter. De kan være noe annerledes i anleggsprosjekter.

Former for data som presenteres her er primært knyttet til det økonometriske forskningsdesignet.

Omfanget av studien er begrenset til prosjekter som har resultert i ferdige bygg, fullførte bygnings renovasjonsprosjekter, eller som delvis inkluderte deltakelse i leveranse av slike prosjekter. Vi søker prosjekter som har brukt mer eller mindre digitale verktøy slik som BIM i sin gjennomføring.

De innsamlede data vil bli brukt til å bygge økonometriske modeller som kvantifiserer bidraget fra digitalisering i resultatene av prosjektutførelsen. Analysen vil måle effektene av digitalisering (dvs. bruk av digitale verktøy, tilnærminger og teknikker) sammen med effekten av andre viktige prediktorer for utførelse (f.eks., prosjektleveringsmodell, bygningstype, organisering av prosjekter og kunde- og entreprenørtyper for å nevne noen få). Analysen krever derfor historiske data relatert til relevante prosjektattributter og utførelsen av disse prosjektene (se nedenfor). Mange av disse dataene finnes ikke strukturert i virksomheten, men vi vil gå gjennom all tilgjengelig informasjon om de historiske prosjektene som eksisterer i hver virksomhet.

### **Data for prosjekt attributter som kan påvirke prosjektytelse**

- Prosjekttype (f.eks. fullstendige bygningskonstruksjoner, delvis bygningskonstruksjon, total renovering, delvis renovering)
- Prosjektleveringsmodell/kontraktstype (f.eks. samspillsentreprise, utførelsesentreprise, totalentreprise, offentlig-privat samarbeid)
- Bygningstype (f.eks. kommersielt, bolig, helsebygg, skole og underholdning)
- Bygningssted (f.eks. region, kommune og by)
- Omfanget av standardisering/modularisering/prefabrikasjon (f.eks. i prosent av kostnadene)
- Prosjekteier/kundefirma (f.eks. offentlig/privat, intern/ekstern)
- Karakteristika ved prosjekteier/kundekontakt person (f.eks. omfanget av involvering i prosjektet)
- Egenskaper medlemmer i prosjektgruppe (f.eks. arbeidserfaring, gjennomført VDC/BIM-opplæring, innleid eller ansatt)
- Typer av underleverandører/leverandører (f.eks. handel, størrelse og sted)
- Karakteristika ved samarbeid mellom interessenter i prosjektet (f.eks. fortjeneste/risikodeling, data/informasjonsdeling)
- Brukte prosjektledelseskonsepter (f.eks. Lean, ICE, Green)

### **Data som måler grad av digitalisering**

Omfanget av bruken av digitale verktøy (for eksempel BIM) og samarbeidsorienterte metoder (for eksempel VDC og Lean) i hver prosjektfase (f.eks. salg/anbud, design/prosjektering, produksjon, overlevering)

## Data på prosjektytelse

- Kvalitet på design (f.eks. tilstedeværelse/beløp/kostnad for omarbeid under konstruksjon)
- Produksjonskvalitet (f.eks. tilstedeværelse/beløp/kostnad for feilretting etter overlevering)
- Planlagt start- og sluttdato – for hele prosjektet og hver fase separat
- Faktisk start- og sluttdato - for hele prosjektet og hver fase separat
- Planlagt versus faktisk prosjektomfang (f.eks. kundeendringsbestillinger under design og produksjon)
- Kontraktspris versus faktisk inntekt (pris betalt av kunden ved overlevering)
- Planlagte kostnader (kontrahering) versus de faktiske kostnadene (ved overlevering), fordelt på hovedkategorier (f.eks. arbeidskraft, materialer, byggeplasskostnader (rigg etc.), ledelse, design, garanti og risiko)
- Bidrag fra prosjektet (fortjeneste ved overlevering)
- Kundetilfredshet (kundens vurdering av sluttproduktet ved overlevering)

## FORSKNINGSPROSESS OG PRAKTISK SAMARBEID

Mange datatyper finnes i forskjellige IT-systemer og dokumenter, men ikke nødvendigvis på et sted i en strukturert database. Videre må noen data typer hentes fra ansatte i forskjellige avdelinger (f.eks. prosjektledelse, prosjektstøtte, teknologi, økonomi, HR). Det kan og hende at noen data ikke er tilgjengelig i hele tatt. Nye datatyper av høy relevans kan også oppdages underveis i prosessen og inkluderes i analysen. Som en tommelfingerregel, jo større mengder data som er inkludert i de økonometriske modellene, desto mer forklarende og prediktiv kraft vil studien kunne ha.

Når datainnsamlingen er gjennomført, vil forskerne analysere datasettet ved hjelp av økonometriske modelleringsteknikker. Dette er en gjentakende prosess der resultater underveis vil bli diskutert med relevante fageksperter fra hver bedrift for å validere funnene.

Avslutningsvis, vil viktige analytiske innsikter og visualiseringer bli overlevert til hver bedrift og presentert i møter med beslutningstakere og relevante ansatte. Forskeren vil være tilgjengelig for oppfølgingsspørsmål og tilleggsanalyser mens forskningsprosjektet pågår.

I løpet av forskningsprosjektet er det planlagt flere presentasjoner og workshops for alle deltakende bedrifter, der generelle trender (men ikke noen sensitive funn) vil bli diskutert.

## FORVENTET UTFALL FOR DELTAKENDE VIRKSOMHET – LEDELSESBESLUTNINGSSTØTTE

Resultatene fra studien forventer å gi beslutningsstøtte for ledelsen på følgende områder:

## Investeringer i digitalisering i prosjektarbeid

- Hvor mye bidrar digitalisering til prosjektets lønnsomhet, kostnader, inntekter og produktivitet?
- Hvordan påvirker digitalisering prosjektlevering til avtalt tid, kvalitet og pris?
- Hvordan påvirker digitalisering kundetilfredshet?
- Hvilke digitale verktøy og teknikker har en tendens til å prestere godt og bør markedsføres i vår organisasjon?
- Hvilke digitale verktøy og teknikker fungerer dårlig og bør gjennomgås?
- På hvilke områder kan det være nødvendig med ytterligere opplæring av ansatte?

## Porteføljestyling av prosjekter

- Hvilke prosjekttyper bør vi (ikke) tilby, gitt våre historiske resultatdata for prosjekter?
- Hvilke prosjektleveringsmodeller er å foretrekke når det gjelder prosjektytelse?
- Hvilke kunder bør behandles med forsiktighet, gitt tendens til prosjektresultater under forventning?
- Hvordan skal vi prise prosjekter med visse attributter, f.eks. kundetyper, leveringsmodeller og bygningstyper?
- Kan digitalisering (og i hvilken grad) avhjelpe kjente problemer i visse prosjekter?

## Prosjektledelse

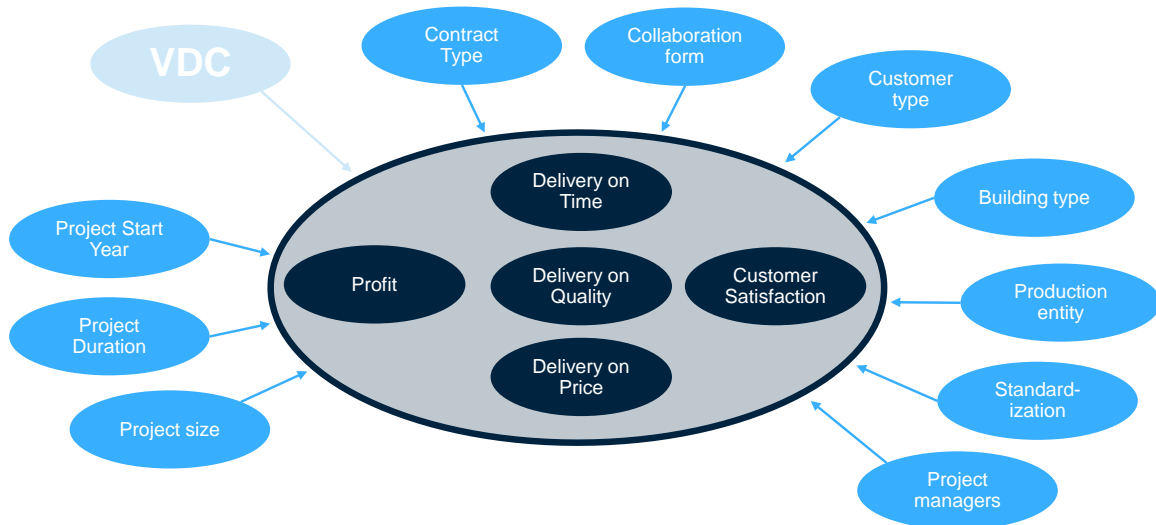
- Hvilke digitale teknologier og tjenester bør vi vurdere (ikke) å kjøpe/bruke, gitt deres forventede positive (negative) innvirkning på ytelsen?
- Hvordan skal vi bemanne prosjekter, gitt effekten av ansattes egenskaper på prosjektresultatene?
- Hvilke underleverandører og leverandører bør unngås, gitt deres tendens til å bli assosiert med dårlig prosjektytelse?

## En pilot hos en dansk entreprenør

For å eksemplifisere hvordan en studie kan gjennomføres, rapporterer vi resultater og erfaringer fra en pilot som er gjennomført hos en dansk entreprenør. Denne piloten var en del av en større studie ved Handelshøyskolen i København som undersøkte digitalisering i ulike bransjer i Danmark – MADE (<https://en.made.dk/digital>). En deltaker i denne studien var en større dansk entreprenør. Her ble det gjennomført en økonometrisk analyse av historiske prosjektdata hos entreprenøren. Disse dataene var kun hentet fra entreprenøren så kjerneprosessen som ble undersøkt her var primært bygging, dvs. planlegging og produksjon siden prosjektene var totalentrepriser i bygg. Totalt 258 prosjekt ble undersøkt. Prosjektene var gjennomført i perioden 1999-2019 og hadde en kostnadsramme på 35+ mDKK.

Figuren under viser uavhengig variabel som i dette tilfelle var om byggeprosjektet hadde brukt Virtual Design Construction (VDC) eller ikke. VDC inneholder BIM og forskjellig

prosessiltak for å bedre samarbeid mellom aktører i byggeprosess som for eksempel opprettelse av felles mål for prosjektet, felles produksjonsplanlegging og koordineringsmøter (ICE) samt felles målesystem for å følge opp prosjektgjennomføringen i henhold til mål. De svarte boblene er de avhengige variablene; levert på tid, levert på kost, levert med forventet kvalitet, bidrag til fortjeneste og grad av kundetilfredshet. Det ble videre kontrollert for en rekke faktorer. Disse er beskrevet i de blå boblene.



Figur 3: Forskningsmodell for den danske piloten

Tabellen viser hvordan de ulike variablene ble målt i den danske piloten.

	Variable (Data)	Measure	Data source
Dependent variables	1 Profit (CM %)	Project's final contribution margin (consolidated from the main project and sub-projects)	Finance dept
	2 Delivered on Time (Yes=1/No=0)	Project delivered on agreed time or earlier (yes/no)	Project database
	3 Delivered on Quality (Yes=1/No=0)	Project delivered without errors (yes: error correction date not registered)	Project database
	4 Delivered on Price (Yes=1/No=0)	Project delivered to the agreed contract price or below (yes/no)	Project database
Independent variables / controls	5 Customer Satisfaction (1-5)	Customer satisfaction score (average of satisfaction with time, quality, price, project, contractor, error correction time)	Customer surveys
	6 VDC (Yes=1/No=0)	VDC used in any phase of the project (yes: at least one VDC package used)	VDC dept
	7 VDC Extent (%)	Extent of VDC use in the project (% of VDC packages out of the total available)	VDC dept
	8 VDC>50% (Yes=1/No=0)	VDC used to a high degree (yes: 50% or more of VDC packages used)	VDC dept
	9 Project Start Year	Year when the project was started	Project database
	10 Project Duration (# Days)	Project end date minus project start date (number of days)	Project database
	11 Contract type (1-4)	Contract type belongs to one of the four categories (i.e., "totalentreprise", "hovedentreprise", "storentreprise", "fagentreprise")	Project database
	12 Collaboration form (Partnering=1/Other=0)	Project uses partnering as a collaboration form (yes/no)	Project database
13 Customer type (Internal=1/Other=0)	Customer is a contractor's company (yes/no)	Project database	
14 Customer type (Public=1/Other=0)	Customer is a public entity (yes/no)	Project database	
15 Customer type (PrivateExclInternal=1/Other=0)	Customer is a private entity but not a contractor's company (yes/no)	Project database	
16 Building type (1-6)	Building type belongs to one of the six major categories (e.g., commercial, housing, hospitals)	Project database	
17 Production Entity (East=1/West=0)	Contractor's responsible production entity is located in the east of Denmark (yes/no)	Project database	
18 Standardization (Concept=1/None=0)	Project is a modular/standardized building type (yes/no)	Project database	
19 Project Managers (# PMs)	Number of project managers registered in the project	Project database	
20 Project Size (Contract Price)	Project size: contract or target price (mDKK)	Project database	
21 Project Size (Final Sales Price)	Project size: customer's final paid price (mDKK)	Project database	
22 Project Size (# Internal Roles)	Project size: number of internal roles involved (project manager, design manager, estimator, etc.)	Project database	
23 Project Size (# External Firms)	Project size: number of external firms involved	Project database	

Tabell 1: Måleparametre i den danske piloten

Funnene i studien på overordnet nivå var følgende:



- Bruk av VDC har signifikant positiv effekt på å levere prosjektet på tid og kvalitet. Samt at det gir høyere kundetilfredshet enn om prosjektet leveres uten VDC.
- Det ble observert en negativ sammenheng mellom bruk av VDC i byggeprosjekter og fortjeneste. Videre ble prosjekter som brukte VDC levert over forventet kostnadsramme. Her kan det være alternative forklaringer som ikke var representert med de kontrollvariablene som ble brukt i studien. Derfor trengs det mer inngående studier på tvers av flere aktører og i kjerneprosesser.
- Kort oppsummert vil vi trekke fram følgende erfaringer fra denne studien:
  - Digitalisering kan ha ulike effekter på ulike ytelsesfaktorer til prosjekter. Disse er ikke nødvendigvis statiske. Er det for eksempel tiltak som kan gjøres eller andre faktorer som forklarer de negative funnene av VDC og prosjektytelse hos den danske entreprenøren? Med andre ord, vi kan øke effektene av digitalisering ved en analytisk tilnærming til den digitale transformasjonen. Digitalisering gir store muligheter for å gjennomføre enkelte kjerneprosesser på andre måter enn det vi gjør i dag. Hvilke endringer som kan og bør gjøres er vanskelig å vurdere uten en systematisk analyse av det er som skaper gevinster/ikke gevinster i dag.
  - Vi kan få tilgang til relevante data ved å sette sammen data fra ulike datakilder hos involverte aktører i byggeprosjekter.
  - Økonometrisk analyse (og muligens kvasi-eksperimentell analyse) av byggeprosjekter er mulig å gjennomføre, men det vil være en stor styrke om man tar et verdikjedeperspektiv og ikke bare undersøker effekter hos en enkelt aktør. Det er rimelig å anta at ulike aktører vil ha ulike gevinster – og at gevinstene ikke er likt fordelt.

## Veien videre

Konklusjonen fra forprosjektet er at det er stort behov for å utvikle en metode for å måle effekter av digitalisering både innad og mellom aktørene i byggeprosess. Et hovedprosjekt vil fokusere på å utvikle en metode for å analysere gevinster av digitalisering i tett samarbeid med aktører i hele byggeprosessens verdikjede samt måle effekter av digitalisering i utvalgte kjerneprosesser i bygg- og anleggs-/infrastrukturprosjekter.

Et slik forskningsprosjekt krever tett samarbeid med relevante aktører i BAE-næringen. Vi vurderer der å søke støtte som [Samarbeidsprosjekt for å møte utfordringer i samfunn og næringsliv](#) i Norges Forskningsråd med søknadsfrist 17. februar. Minimum 10% av prosjektets kostnader skal dekkes av samarbeidspartnere fra næringsliv og offentlig forvaltning. Dette kan dekkes inn via innsats i prosjektet, ikke kontantstøtte. Det må være minimum to slike aktører i prosjektet.

## Referanser

- Agarwal, R., Chandrasekaran, S., & Mukund, S. 2016. Imagining Construction's Digital Future: McKinsey Global Institute.
- Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Ribeirinho, M. J., Sridhar, M., Parsons, M., Bertram, N., & Brown, S. 2017. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity: McKinsey Global Institute
- Conde, A. J. L., García-Sanz-Calcedo, J., & Rodríguez, A. M. R. 2020. Use of Bim with Photogrammetry Support in Small Construction Projects. Case Study for Commercial Franchises. *Journal of Civil Engineering and Management*, 26(6): 513-523.
- Franz, B., & Messner, J. 2019. Evaluating the Impact of Building Information Modeling on Project Performance. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 33(3): 04019015.
- Gandhi, P., Khanna, S., & Ramaswamy, S. 2016. Which Industries Are the Most Digital (and Why)? *Harvard Business Review Digital Articles*, 4(1): 2-6.
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. 2015. Strategy, Not Technology, Drives Digital Transformation. *MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press*, 14(1-25).
- Kelly, D., & Ilozor, B. 2019. A Quantitative Study of the Relationship between Project Performance and Bim Use on Commercial Construction Projects in the USA. *International Journal of Construction Education and Research*, 15(1): 3-18.
- Renz, A., & Solas, M. Z. 2016. Shaping the Future of Construction, *A Breakthrough in Mindset and Technology*: World Economic Forum.

---

<sup>i</sup> <https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/bnl---markedsrapport-2020-2-one-pager.pdf>

<sup>ii</sup> Digitalt veikart 2.0, BNL, 2020: [https://www.bnl.no/siteassets/bilder/generelle-bilder/digitaltveikart\\_2020.pdf](https://www.bnl.no/siteassets/bilder/generelle-bilder/digitaltveikart_2020.pdf)

<sup>iii</sup> Digitalt veikart, BNL, 2017: <https://www.bnl.no/siteassets/dokumenter/rapporter/digitalt-veikart-bae.pdf>, s. 6.

<sup>iv</sup> [https://www.bygg21.no/globalassets/dokumenter/nestesteg\\_kortversjon.pdf](https://www.bygg21.no/globalassets/dokumenter/nestesteg_kortversjon.pdf)