AALBORG UNIVERSITET

STUDENTERRAPPORT

Totalstasjon som bindeledd mellom BIM og byggeplass

- Produksjon med presisjon

Benjamin Flataker

7. juni 2019

AALBORG UNIVERSITET
STUDENTERRAPPORT

Institut for Byggeri og Anlæg
Thomas Manns Vej 23
9220 Aalborg
Danmark

Tittel:
Totalstasjon som bindeledd mellom BIM og byggeplass

Undertittel:
Produksjon med presisjon

Utdannelse:
MSc in Management in the Building Industry
Kandidat i Byggeledelse

Prosjekt type:
Master thesis
Kandiatspeciale
Masteroppgave

Prosjektomfang:
30 ECTS

Semester:
4. semester

Prosjektperiode:
1. februar 2019 – 7. juni 2019

Deltakere:	**Studentnummer:**
Benjamin Flataker	20162369

Veileder:
Kjeld Svidt (Aalborg Universitet)
Gunnar Skeie (Kruse Smith AS)

Rapport:

Språk:	Norsk/Norwegian
Hovedrapport:	87
Appendiks:	23
Bilag:	12

Innleveringsdato:
7. juni 2019

Fortrolig:
Nei

Synopsis:

Dette prosjektet vil undersøke hvordan en totalstasjon kan implementeres som et bindeledd mellom BIM og byggeplass. Det vil i den sammenheng undersøkes hvordan en totalstasjon kan implementeres som et verktøy for å formidle informasjon fra bygningsmodeller til arbeiderne på byggeplassen.

I forbindelse med implementeringen av totalstasjon som et nytt verktøy, vil dette prosjektet vil ta for seg tekniske og organisatoriske utfordringer tilknyttet den aktuelle problemstillingen. De tekniske aspektene vil omhandle informasjonsflyten mellom BIM og byggeplass. Blant annet vil det undersøkes hvilke krav som stilles når bygningsmodeller skal benyttes som produksjonsunderlag. På den andre siden vil det gjennom de organisatoriske aspektene undersøkes hvordan denne teknologien kan implementeres i en bransje hvor kultur og tradisjoner veier tungt.

For å avdekke hvilke effekter implanteringen av en totalstasjon kan gi byggeprosjekt, ble det gjennomført casestudier. Gjennom casestudiene ble totalstasjoner implementert som et verktøy blant arbeiderne i produksjonen, ved to forskjellige byggeprosjekt. Resultatene fra begge casestudiene viser at verktøyet kunne medføre flere positive effekter, blant annet ble det rapportert om en høyere byggekvalitet og et redusert tidsforbruk ved utmåling av komponenter. Avslutningsvis vil det beskrives en rekke anbefalinger for at en implementering av totalstasjonen skal lykkes.

Forord

Dette rapporten er utarbeidet av Benjamin Flataker, og skal representere hovedoppgaven og det avsluttende prosjekt i forbindelse med masterutdannelsen Byggeledelse (Management In the building industry) ved Aalborg universitet. Denne rapporten har blitt skrevet i det fjerde semesteret ved utdannelsen i tidsrommet 1. februar 2019 og 7. juni 2019.

Jeg vil gjerne rette en stor takk til Kjeld Svidt, veileder ved Aalborg universitet, for god veiledning på tross av geografiske utfordringer. Veiledningen har på mange måter bidratt til å forme dette prosjektet til et ferdig resultat, gjennom mange nyttige innspill og tips til forbedringer. Det skal også rettes en stor takk til Kruse Smith, og da spesielt Gunnar Skeie, som har avsatt tid og bistått med god og aldeles nyttig veiledning. Samtidig skal det også takkes for et stort engasjement og muligheten til å undersøke en utfordrende, spennende og, i forfatterens øyne, tidsaktuell problemstilling. I tillegg skal det også rettes en takk til prosjektene, som tok seg tid og gjorde det mulig å gjennomføre datainnsamling, testing og undersøkelser i tilrettelagte og hektiske omgivelser i prosjektenes byggefase.

Sammendrag

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) er en teknologi som gjennom den siste tiden har fått sitt fotfeste i byggebransjen. Det kan likevel påpekes at BIM i dag anses som et verktøy for ingeniører og arkitekter for bruk i prosjektenes prosjekterings- og tidligfase, hvor verktøyet brukes som en plattform for prosjektering, samhandling og informasjonsutveksling. Videre i prosjektforløpet vil den tredimensjonale informasjonen fra bygningsmodeller oversettes til todimensjonale arbeidstegninger, som blir sendt ut til arbeiderne på byggeplassen for bruk i produksjonen.

I nyere tid har det blitt gjennomført studier hvor det har blitt undersøkt hvordan bygningsmodeller også kan få et bruksområde i prosjektenes byggefase. I den forbindelse dette prosjektets forfatter gjennom et virksomhetsopphold, undersøkt hvordan en totalstasjon kunne benyttes for å skape en sammenkobling mellom BIM og byggeplass. Resultatet fra den undersøkelsen viste at det finnes flere positive effekter tilknyttet bruk av totalstasjoner som sammenkobling mellom BIM og byggeplass.

Dette prosjektet undersøker derfor hvordan en totalstasjon kan implementeres som et verktøy for å skape en sammenkobling mellom BIM og byggeplassen, samt et verktøy for å formidle bygningsinformasjon til arbeiderne gjennom utstikning. I forbindelse med implementeringen av totalstasjonen undersøker dette prosjektet de tekniske og organisatoriske utfordringene tilknyttet prosjektets problemstilling. De tekniske aspektene omhandler informasjonsflyten mellom BIM og byggeplass, hvor det blant annet blir undersøkt hvilke krav som må stilles når bygningsmodeller skal benyttes som produksjonsunderlag. På den andre siden blir det ved det organisatoriske aspektet undersøkt hvordan teknologien kan implementeres i en bransje hvor kultur og tradisjoner veier tungt. I tillegg blir det gjennomført casestudier ved to byggeprosjekt, hvor det blir undersøkt hva slags gevinster implementeringen av en totalstasjon vil gi.

Resultatene fra casestudiene viser at bruken av totalstasjonen medførte gevinster i begge undersøkelsesprosjektene. Det ble blant annet identifisert gevinster tilknyttet forbedret kvalitet på produktet i tillegg til en reduksjon i tidsbruk tilknyttet utmåling av komponenter. Implementeringen førte derav til en positiv økonomisk effekt.

Abstract

Building information modeling (BIM) is technology that over the last years has gained a strong relationship with the construction industry. However, BIM can still be considered as a tool for the engineers and architects in the early stages of the construction projects. BIM will be uses as a platform for design, interaction and information exchange. As for the lifecycle of the building models, the three-dimensional models will be translated in to two-dimensional blueprints, from where the blueprints will be sent to the construction sites for use in the production.

In resent time there has been conducted studies about how building models can get a field of use in the construction phase in construction projects. Where the author of this project conducted a study through an internship, where this study tested how a total station could be implemented to create a connection between BIM and construction site. That study discovered several positive effects by utilizing a total station as a bridge between BIM and construction site.

This project will investigate how a total station can be implemented as a tool for the construction works to establish a connection between BIM and the construction site, as a tool to communicate building and design information to the works through stakeout surveying. Thereby this project will examine how technological and organizational challenges in conjunction with the projects research question, will have an impact on the implementation of the total station. The technological aspect will focus on the information flow between BIM and the construction site, in this context the requirements for building models as manufacturing documents will be examined, among other technological challenges. On the other hand, in connection with the organizational aspect, challenges in conjunction with the implementation of new technology in culture and tradition-bound industry, will be examined. Furthermore, the implementation of a total station in two construction projects will be examines, to identify the benefits and effects brought to these construction projects by the total station.

The results from the construction projects, shows that the implementation of the total station, gave both the construction project some kind of benefit. Where the benefits were identified as, a better building quality and a reduction in the time used to measure out building components, where a combination of these elements gave an economical advantage as well.

Leserveiledning

Det har for dette prosjektet blitt utarbeidet en Leserveiledning, men formål å gi leserens den en best mulig opplevelse. Leserveiledningen vil derfor gi en oversikt som beskriver struktur og innhold for rapporten og vedlegg. Det gjøres oppmerksom på at rapporten er skrevet på norsk. Dermed vil den benytte seg av ord og terminologier fra det norske språk.

Kapittel nr.:	**Kapittel navn**	**Kapittelbeskrivelse**
1	Innledning	Introduksjons til rapporten og beskrivelses av initierende undersøkelsesområde.
2	Undersøkelsesmetode	Dette kapitelet vil beskrive dette prosjektets undersøkelsesmetode og strategi, samt teknikker og prosedyrer. I tillegg til mål for reliabilitet og validitet.
3	Initierende undersøkelse	Hensikten med dette kapittelet er å gjennomføre en initierende undersøkelse av byggebransjens nåværende situasjon, som vil skape grunnlag for prosjektet problemstilling.
4	Problemstilling	Beskrivelse av prosjektet problemstilling som skal undersøkes, i tillegg til prosjektets avgrensning
5	Definering av konsept	Dette kapittelet vil undersøke hvordan implementeringen av en totalstasjon, i kan påvirke dagens arbeidsprosesser.
6	Teoretisk og teknologisk grunnlag	Dette kapittelet vil danne det teoretiske og teknologiske grunnlaget, for å undersøke prosjektet problemstilling.
7	Testing av konsept	I dette kapittelet vil det beskrives hvordan totalstasjonen ble testet som et konsept på byggeplass, i tillegg til å beskrive opplæringsprosessen for bruk av totalstasjoner.
8	Undersøkelser på byggeplass	Dette kapittelet vil beskrive og gjengi data innsamlet gjennom blant annet observasjoner og intervju gjennomført påbyggeplass.
9	Diskusjon og vurdering	Rapportens diskuterende og vurderende kapittel, vil diskutere og vurdere data og teori innsamlet i forbindelse med gjennomføringen av dette prosjektet.
10	Konklusjon	Konklusjonen vil besvare prosjektets problemstilling på bakgrunn av data, diskusjoner og vurderinger fremlagt i rapportens andre kapittel.
11	Refleksjon	Dette kapittelet vil vurdere den endelige rapporten og dens utviklingsprosess, i tillegg til å beskrive forlag til videre studier tilknyttet prosjektets undersøkelsesområde.
12	Bibliografi	En oversikt over rapportens siterte verk brukt i forbindelse med datainnsamling.
13	Vedlegg	I dette kapittelet finnes diverse vedlagte filer og dokument tilknyttet dette prosjektet.

Innholdsfortegnelse

Forord ..... **ii**
Sammendrag ..... **iii**
Abstract ..... **iv**
Leserveiledning ..... **v**
Figurliste ..... **ix**
Tabelliste ..... **xii**
1. Innledning **1**
2. Undersøkelsesmetode **2**
2.1. Informasjonskilder 4
2.2. Filosofisk verdenssyn 4
2.3. Undersøkelsesstrategi 5
2.4. Teknikker og prosedyrer for datainnsamling 6
2.4.1. Primære data *6*
2.4.2. Sekundære data *7*
2.5. Reliabilitet og validitet 7
2.5.1. Reliabilitet *7*
2.5.2. Validitet *7*
3. Initierende undersøkelse **8**
3.1. Byggebransjens teknologiske utvikling 8
3.2. Dagens situasjon 13
3.2.1. Arbeidsmodeller for dagens situasjon *15*
3.3. Forfatters erfaringer ved bruk av BIM 18
3.3.1. Stikking fra BIM *18*
3.3.2. BIM feedbackloop *19*
4. Problemstilling **20**
4.1. Problemstilling 21
4.2. Avgrensning 21
5. Definering av konsept **22**
5.1. Definering av nytt konsept og arbeidsprosesser 22
6. Teoretisk og teknologisk grunnlag **24**
6.1. BIM 24
6.1.1. BIM i bygge- og anleggsprosjekter *25*
6.1.2. ÅpenBIM *28*
6.2. Totalstasjon 32
6.2.1. Landmåling i bygge- og anleggsprosjekter *34*
6.3. Programvarer 37
6.3.1. Leica iCON Build *37*
6.3.2. Revit *38*
6.3.3. Dynamo *40*
6.3.4. Solibri Model Checker *41*

6.3.5. BIM feedbackloop 42
7. Testing av konsept 50
7.1. Testing av konsept på prosjektnivå 50
7.1.1. Opplæring på byggeplassen 51
8. Undersøkelser på byggeplass 53
8.1. Boligprosjekt 53
8.1.1. Prosess 54
8.1.2. Resultater 60
8.2. Skoleutbygningsprosjekt 65
8.2.1. Prosess 65
8.2.2. Resultater 68
9. Diskusjon og vurdering 73
9.1. Effekter ved bruk av totalstasjonen på prosjektnivå 73
9.1.1. Kvantitative data 74
9.2. Teknologiske utfordringer 77
9.2.1. Digitale krav fra byggherre 77
9.2.2. Digital produksjon 77
9.2.3. Krav til BIM ved digital produksjon 80
9.3. Organisatoriske utfordringer 81
9.3.1. Implementering av totalstasjon som et verktøy i produksjonen 82
10. Konklusjon 85
11. Refleksjon 87
11.1. Forslag til videre studier 87
12. Bibliografi 88
13. Vedlegg 93
Appendiks 94
A-1. Intervjuguide 94
A-2. Intervjuguider besvart ved boligprosjekt 95
A-3. Intervjuguider besvart ved skoleutbygningsprosjekt 101
A-4. Observasjonslogg 112
A-5. Spørreundersøkelse 113
A-6. Resultat spørreundersøkelse ved boligprosjekt 114
A-7. Resultat spørreundersøkelse ved skoleutbygningsprosjekt 114
A-8. Andre data fra skoleutbygningsprosjekt 115
A-9. BPMN diagram kollisjonskontroll 116
Bilag 117
B-1. Tegning B-20-01-03 DEKKE OVER 03. ETG - HUS 1 118
B-2. Dynamoscript for prosessering av data 119
B-3. Fastmerkenett boligprosjekt 120
B-4. Bygningsakser boligprosjekt 121
B-5. Digitale samhandlingskrav SUS2023 122

Figurliste

Figur 2.1 Arbeidsflyt for Contextual Design adoptert fra (Beyer & Holtzblatt, u.d.) 2
Figur 2.2 Lean-Startup metodikken adoptert fra (Ries, 2011) 3
Figur 2.3 Informasjonskilder benytte i dette prosjektet 4
Figur 2.4. Induktiv og deduktiv tilgang adoptert fra (de Vaus, 2001). 5
Figur 3.1. SiteBIM (Davies & Harty, 2013) 10
Figur 3.2. BIM-kiosk (Kruse Smith AS, 2016) 10
Figur 3.3. AR benyttet for visualisering av bygningsmodeller i virkelige omgivelser (Dalux, 2018) 11
Figur 3.4. Totalstasjon og tilhørende kontroller (Leica Geosystems, u.d.) 11
Figur 3.5. Konstruksjonsrobot benyttet i forbindelse med bygning av himling (Bock, 2007) 12
Figur 3.6 Illustrerer et utklipp fra tegning 2 B-20-01-03 DEKKE OVER 03. ETG, se bilag B-1 for hele tegningen 13
Figur 3.7 Punkt for bygningsakser markert ut på byggeplassen ved hjelp av en splitthylse. 14
Figur 3.8 Sekvensmodell for plassering av bygningskomponenter på byggeplassen, adoptert fra Beyer & Holtzblatt (u.d.) 16
Figur 3.9 Flytmodell for plassering av bygningskomponenter på byggeplassen, adoptert fra Beyer & Holtzblatt (u.d.) 17
Figur 3.10 Skjermdump fra totalstasjonens kontroller som illustrerer hvordan den programvaren selv kan definerer linjer og punkter basert på geometrien til objektene i bygningsmodellen (Flataker, 2019). 18
Figur 3.11 BIM feedbackloop (Flataker, 2019) 19
Figur 5.1 Arbeidsflyt for plassering av komponenter på byggeplass ved tradisjonell metode 23
Figur 5.2 Arbeidsflyt for plassering av komponenter på byggeplass ved bruk av totalstasjon 23
Figur 6.1 En dør med tilknyttede parametere (BuildingSMART Norge, 2017a) 24
Figur 6.2 Eksempel på Level Of Development klassifisering for en dør fra Digital Konvergens (2018) 26
Figur 6.3 ÅpenBIM (BuildingSMART Norge, 2014) 28
Figur 6.4 IFC struktur for definisjon av vegg (Eastman, et al., 2011) 29
Figur 6.5 IfcDoor, navngitt ved hjelp av BuildingSMART dataordbok (BuildingSMART, u.d.) 30
Figur 6.6 BPMN for kollisjonskontroll av BIM, adoptert fra (BuildingSMART Norge, 2016) se appendiks A-9 for stor figur. 31
Figur 6.7. Totalstasjon oppstilt på byggeplass 32
Figur 6.8 Forskjellige prismer og reflektorer (Leica Geosystems, u.d.) 33
Figur 6.9 Geo-referering av totalstasjon basert på (Skogseth & Norberg, 2014). 33

Figur 6.10 Lokalt og globalt koordinatsystem. Bygningsakser ved et boligprosjekt. Se bilag B-4 for full figur. 35
Figur 6.11 Utklipp fra tegning B-20-01-02, se bilag B-1 for hele arbeidstegningen (Kruse Smith, u.d.). 36
Figur 6.12 Verdier for tillatte konstruksjonsavviks for betongvegger, hentet fra NS 13670 (Standard Norge, 2010) 36
Figur 6.13 BIM feedbackloop med tilknyttede programvare (Flataker, 2019) 37
Figur 6.14 Kontroll av en veggs plassering på byggeplassen mot bygningsmodell 38
Figur 6.15 BIM modell illustrert i Revit 38
Figur 6.16 Skjermdump fra Revit som illustrerer et koordinatobjekt med tilhørende parametere 39
Figur 6.17 Skjermdump fra Dynamo som illustrerer script for å definere en linje mellom to punkt (Flataker, 2019) 40
Figur 6.18 Resultat fra Dynamo script illustrert i Revit (Flataker, 2019) 41
Figur 6.19 Kollisjonskontroll mellom forskjellige disipliner i Solibri 41
Figur 6.20 Skjermdump Solibri Model Checker. Informasjon fra byggeplass sammen med teoretisk modell 42
Figur 6.21 Programvarer benyttet for å skape en BIM feedbackloop (Flataker, 2019) 42
Figur 6.22 Skjermdump fra Solibri. Strukturell bygningsmodell for 4. etasje ved boligprosjektet 43
Figur 6.23 Skjermdump fra totalstasjonens kontroller 43
Figur 6.24 Bilde fra byggeplass. Markering av utstukket hjørnepunkt (Flataker, 2019). 44
Figur 6.25 Eksempel på data fra totalstasjonen etter innmåling og utmåling på byggeplass (Flataker, 2019) 44
Figur 6.26 Dynamoscript for prosessering av data fra totalstasjon (Flataker, 2019). Se bilag B-2 for forstørret figur. 45
Figur 6.27 Resultat fra Dynamo script for prosessering av data fra totalstasjon illustrert i Revit 45
Figur 6.28 Egendefinerte egenskapsparametre for koordinatobjekt 46
Figur 6.29 Skjermdump fra Solibri hvor data fra totalstasjonen illustreres sammen med modell for bærende konstruksjoner 46
Figur 6.30 Punkter for lettvegg stukket med totalstasjon (Flataker, 2019) 47
Figur 6.31 Resultat fra utstikning av lettvegg og fotprint fra arkitektmodell illustrert i Solibri Model Checker (Flataker, 2019) 47
Figur 6.32 Resultat fra innmåling av stålplate illustrert i Solibri Model Checker 48
Figur 6.33 Skjermdump fra Solibri Model Checker hvor et innmålt punkt for en vegg illustreres 48
Figur 6.34 Skjermdump fra Revit og Dynamo. Dynamo brukes for å hente ut senterpunkt på opphengsobjekter i Revit. 49

Figur 6.35 Skjermdump fra Leica iCON Build. Til venstre: Opphengsmodell fra IFC-fil lastet inn som stikningsdata. Til høyre: Opphengspunkt generert fra objekt ved hjelp av Revit og Dynamo. Opphengsmodell vises som bakgrunnsdata. 49
Figur 8.1 Skjermdump fra Solibri Model Checker som illustrerer betongdekket for 4. etasje ved boligprosjektet..... 54
Figur 8.2 Bilde fra byggeplass. Totalstasjon plassert på betongvegger. 55
Figur 8.3 Utklipp fra fastmerkeplot for boligprosjektet. Se bilag B-3 for full figur. 55
Figur 8.4 Bilde fra byggeplass. Kontroll av bygningsakser stukket ut ved tidligere anledninger. 56
Figur 8.5 Skjermdump fra totalstasjonens kontroller. 57
Figur 8.6 Bilde fra byggeplass. Utstikking av betongdekkekant. 57
Figur 8.7 Skjermdump fra Solibri Model Checker som illustrerer resultatet av stikningen ført tilbake til BIM. 58
Figur 8.8 Skjermdump fra Solibri Model Checker som illustrerer resultatet av stikningen ført tilbake til BIM. 59
Figur 8.9 Skjermdump fra Solibri Model Checker. Betongdekke over 5. etasje på boligprosjektet. 59
Figur 8.10 Skjermdump fra Solibri Model Checker som illustrerer resultatet av stikningen ført tilbake til BIM. 60
Figur 8.11 Vurdering av totalstasjonens effekter ved boligprosjektet. 63
Figur 8.12 Estimering av totalstasjonens økonomiske gevinster ved boligprosjektet (tall i NOK) 63
Figur 8.13 Stikking av oppheng i tak ved hjelp av totalstasjon og sprayboksforlenger. 65
Figur 8.14 Skjermdump fra Solibri som illustrerer bygningsmodell fra ventilasjon og oppheng. 66
Figur 8.15 Skjermdump fra Leica iCON Build. Til venstre: Opphengsmodell fra IFC-fil lastet inn som stikningsdata. Til høyre: Opphengspunkt generert fra objekt ved hjelp av Revit og Dynamo. Opphengsmodell vises som bakgrunnsdata. 66
Figur 8.16 Skisse av prinsipp for utstikning med sprayboksforlenger i taket. 67
Figur 8.17 Fargekoder for å skille mellom opphengspunkt. 67
Figur 8.18 Vurdering av totalstasjonens effekter ved skoleutbygningsprosjektet. 71
Figur 8.19 Estimering av totalstasjonens økonomiske gevinster ved skoleutbygningsprosjektet (tall i NOK). 72
Figur 9.1 Prosjektenes vurdering av totalstasjonens effekter tilknyttet en tallskala. 75
Figur 9.2 Estimering av totalstasjonens økonomiske gevinster ved byggeprosjektene (tall i NOK). 75
Figur 9.3 Produktivitet målt i antall hull utstukket pr. time ved byggeprosjektene. 76
Figur 9.4 Leavitts forandringsmodell (1988) gjengitt av (Kousholt, 2014)..... 81

Tabelliste

Tabell 7.1 Opplæringsøkter for bruk av totalstasjon 52

Tabell 8.1 Oversikt over observasjoner på boligprosjektet 53

Tabell 8.2 Kvantitativ informasjon fra observasjoner ved boligprosjektet. 64

Tabell 8.3 Data fra timelister, totalstasjon og bygningsmodeller. 72

1. Innledning

Byggebransjen beskrives i dag ofte som konservativ og for å være lite åpen for innovasjon og nytenking, noe som medfører lav effektivitet og dårlige økonomiske resultater sammenlignet med andre bransjer (Larsen & Ussing, 2011). Kang, et al. (2012) beskriver at produktiviteten i byggebransjen de siste 40 årene har hatt en nedadgående trend. På tross av denne nedgangen beskriver Wang & Chong (2015) at byggebransjen har bidratt betydelig til økonomisk vekst i flere land.

Selv om byggebransjen ansees som en konservativ bransje, har det blitt introdusert mye ny teknologi the bransjen. Tidligere har vi sett at byggebransjen har lært av andre bransjer, som da Lean ble adoptert fra bilindustrien og tilpasset byggeindustrien (Howell, 1999). Et annet eksempel på teknologi som har blitt adoptert og tilpasset byggeindustrien er DAK (Data Assistert Konstruksjon) som først ble tatt i bruk i fly- og bilindustrien, og i senere tid har blitt utviklet og tilpasset byggeindustrien og fått navnet BIM (bygningsinformasjonsmodellering) (Eastman, et al., 2011). I tillegg har robotteknologi vært en av de store innovasjonene som har startet å vise seg mer i byggebransjen (Kazemian, et al., 2019).

BIM har vist seg å være en av disse tidligere nevnte teknologiene som har fått sitt fotfeste innenfor byggebransjen (Wang & Chong, 2015). Selv om BIM i dag er en selvfølge i de fleste prosjekter, beskriver Wang & Chong (2015) at BIM i dag først og fremst er et verktøy som blir forbundet med prosjektering og er tilpasset prosjektenes tidligfase. Det har i tillegg også blitt lagt et press på aktørene i denne bransjen for å implementere BIM i prosjekt, hvor store offentlige byggherrer som Statsbygg (2018) og Bygningsstyrelsen (2019) stiller krav til bruk av digitale verktøy og BIM i deres prosjekter.

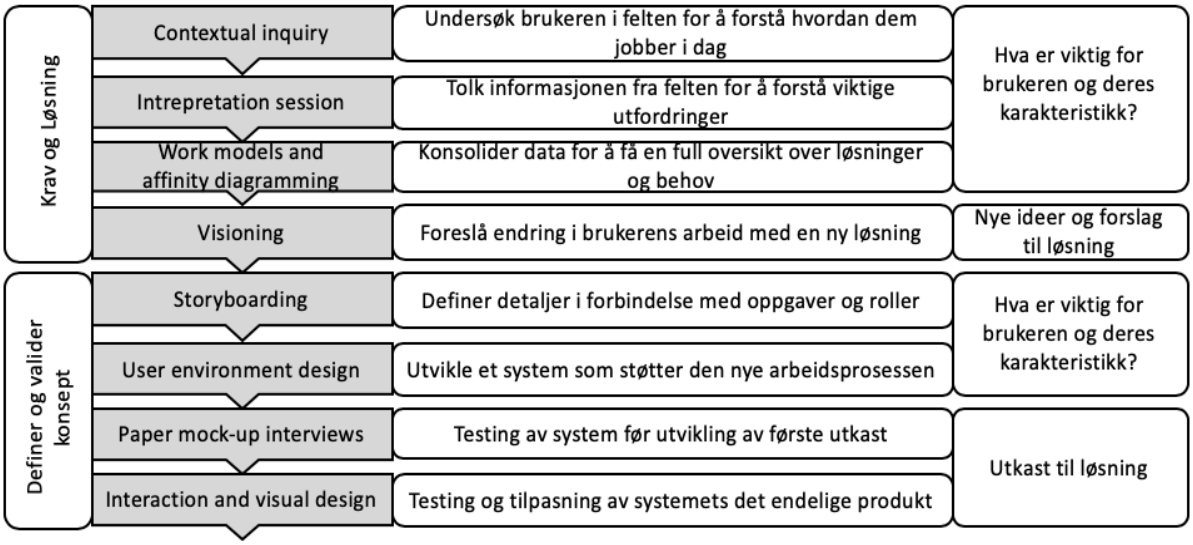
En av BIM sine nøkkelfunksjoner er ifølge Sacks, et al., (2010) muligheten for å effektivt kunne kommunisere et byggeprosjekts designideer, ved hjelp av digitale bygningsmodeller mellom et prosjektets deltakere. Den digitale kommunikasjonsflyten vil brytes når informasjon fra bygningsmodellene skal formidles til arbeiderne på byggeplassen. Den digitale kommunikasjonen vil da erstattes av tradisjonelle arbeidstegninger, for å kommunisere informasjon det siste stykket ut til arbeiderne. Dette samsvarer med Davies & Harty (2013) sin beskrivelse av en bygningsmodells livssyklus, hvor de påpeker at bygningsmodellene blir produsert og benyttet til kommunikasjon mellom prosjektdeltakerne i prosjekteringsfasen. Samtidig som prosjekteringsfasen fullføres, vil informasjonen fra bygningsmodellenes tredimensjonale geometri konverters til todimensjonale arbeidstegninger. Bygningsmodellen vil deretter arkiveres, og modellens liv vil være over.

Dette prosjektet vil ha som formål å undersøke hvordan den digitale informasjonsflyten kan forbedres mellom de prosjekterende og produksjonen, og samtidig gi bygningsmodellene et bruksområde i byggeprosjektenes byggefase. Den initierende undersøkelsen i kapittel 3 vil fokusere på hvor byggebransjen er i dag, og undersøke hva slags utvikling det har vært i forbindelse med ny teknologi i byggebransjen som kan benyttes i et byggeprosjekts byggefase. Den initierende undersøkelsen vil danne grunnlag for prosjektets problemstilling presentert i kapittel 4.

2. Undersøkelsesmetode

Dette kapittelet vil omhandle prosjektets metode, forskningsdesign og undersøkelsesmetoder benyttet i dette prosjektet. I dette kapittelet vil derfor prosjektets informasjonskilder, verdenssyn, undersøkelsesstrategi, samt datainnsamlingsmetoder beskrives. I tillegg vil det beskrives hvordan prosjektet kan oppnå ønsket reliabilitet og validitet. Formålet med å fastsette en undersøkelsesmetode er for at problemstillingen skal besvares på best mulig måte.

Som beskrevet i prosjektets innledning i kapittel 1, vil dette prosjektet undersøke hvordan byggebransjen kan bruke og dra nytte av ny teknologi i et byggeprosjekts byggefase. Dette prosjektet vil derfor legge til grunn metoden Contextual Design. Contextual Design beskrives av Beyer & Holtzblatt (u.d.) til å være en strukturert og definert brukerorientert utviklingsprosess for utvikling av prototyper av produkter eller tjenester. Figur 2.1 illustrerer og beskriver prosessen bak Contextual Design, hvor den første delen omhandler undersøkelser for spesifisering av krav og løsninger mens den andre delen av utviklingsprosessen omhandler definering og validering av konsept.



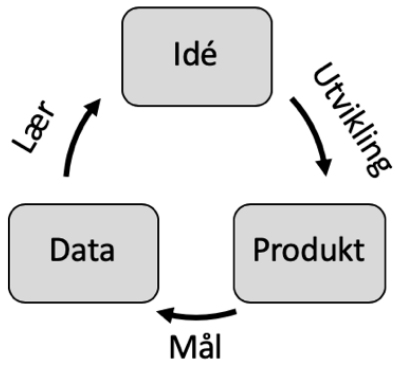
Figur 2.1 Arbeidsflyt for Contextual Design adoptert fra (Beyer & Holtzblatt, u.d.)

Som illustrert i Figur 2.1 inneholder Contextual Design en undersøkelsesdel som fokuserer på å undersøke dagens situasjon for å spesifisere krav til nye produkter eller tjenester. Resultatet av disse undersøkelsene vil gi grunnlag for utvikling av nye produkter eller tjenester. Denne delen av utviklingsprosessen kan ses i sammenheng med dette prosjektets initierende undersøkelse og problemstilling, se henholdsvis kapittel 3 og 4. Del to av utviklingsprosessen, som omhandler definering og validering av det nye konseptet, kan sees i sammenheng med denne rapportens teoriundersøkelses- og diskusjonskapittel, samt rapportens konklusjon. Se henholdsvis kapittel 6, 7, 9 og 10.

Beyer & Holtzblatt (u.d.) beskriver at kjernen og filosofien i Contextual Design omhandler å kartlegge dagens situasjon for å forstå brukeren og deres hensikter, ønsker og drivere for et nytt produkt eller tjeneste. På den måten kan nye konsept utvikles og tilpasses for å tjene brukeren og deres behov på best mulig måte. I tillegg beskrives metoder for datainnsamling, prosessering og bruk av data for å skape prototyper tilpasset brukerne.

Selv om Beyer & Holtzblatt (u.d.) beskriver at denne utviklingsprosessen har blitt mye brukt i forbindelse med utvikling av dataprogramvare, har det også vist seg å bli brukt innenfor andre industrier. Dette prosjektet vil legge til grunn denne utviklingsprosessen for utvikling av interne prosesser og arbeidsmetoder i en virksomhet. Johnson, et al. (2014) beskriver en prosess som en sammenhengende kjede av aktiviteter som ofte gjentas. Formålet med en prosess er å skape verdi for en organisasjon. En prosess beskriver rekkefølgen på forskjellige aktiviteter som skal utføres og hvilke ressurser som skal benyttes for hver aktivitet.

Beyer & Holtzblatt (u.d.) beskriver at Contextual Design av et produkt eller en tjeneste til slutt vil være en iterasjonsprosess når konseptet skal tilpasses brukergruppen. I forbindelse med implementering av det nye konseptet vil dette prosjektet i tillegg til Contextual Design bruke enkelte element fra Ries' (2011) metode Lean Startup. Ries (2011) beskriver at denne metodikken, på samme måte som Contextual Design, fokuserer på utvikling av produkter eller tjenester hvor brukerne står i sentrum. Det som skiller disse metodene fra hverandre er at Lean Startup i tillegg fokusere på en kontinuerlig utvikling av konseptet, ved å gjennomføre mindre og hyppigere lanseringer. Ved å fokusere på mindre lanseringer, samt tilbakemeldinger fra brukere, kan utviklerne enkelt evaluere om den siste tilføyelsen til sitt produkt eller tjeneste var en suksess eller fiasko. Videre trekkes det frem at ved å fokusere på mindre lanseringer, vil fallhøyden ved en eventuell fiasko være mindre. Ries (2011) beskriver at ved å fokusere på brukerne, tilbakemeldinger og små lanseringer, er det mulig å endre retning med et ben plantet på jorden. For dette prosjektet vil Lean Startup metodikken benyttes når dette prosjektet vil gi anbefalinger for hvordan konseptet kan implementeres.

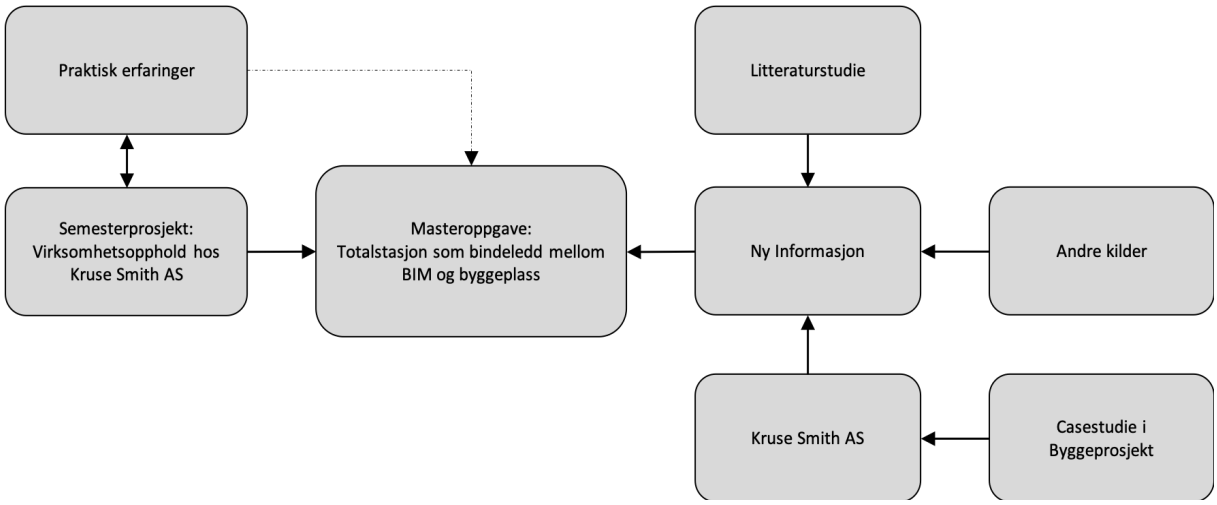


Figur 2.2 Lean-Startup metodikken adoptert fra (Ries, 2011)

Som illustrert i Figur 2.1 starter arbeidsflyten til Contextual Design med undersøkelser, datainnsamling og prosessering av data for å forstå og kartlegge et problem eller et behov, og samtidig identifisere mål, ønsker og drivere ved utvikling av et produkt eller en tjeneste (Beyer & Holtzblatt, u.d.). For å strukturere datainnsamling og undersøkelser ble det for dette prosjektet utviklet et forskningsdesign. Et forskningsdesign beskrives av Creswell (2014) til å være planer og prosedyrer for undersøkelser. Forskningsdesignet vil derfor dekke alt fra beslutninger og antagelser, til detaljerte metoder for datainnsamling og analyse. Videre beskriver Kothari (2004) at et forskningsdesign kan bidra til å effektivisere undersøkelsesprosessen ved å se på forskningsdesignet som et veikart for undersøkelser, på samme måte som en arbeidstegning brukes ved byggingen av hus. Et forskningsdesign bør inneholde en antagelse av prosjektets verdenssyn, undersøkelsesstrategi, samt beskrive spesifikke metoder for datainnsamling, analyse og tolkning (Creswell, 2014). Videre i dette kapittelet vil dette prosjektets forskningsdesign beskrives.

2.1. Informasjonskilder

I forbindelse med datainnsamlingen til dette prosjektet vil det for denne rapporten bli samlet inn informasjon fra forskjellige informasjonskilder. Dette avsnittet vil beskrive hvordan denne rapporten vil benytte seg av informasjon fra forskjellige informasjonskilder. Figur 2.3 illustrerer hvilke informasjonskilder som vil benyttes for dette prosjektet.



Figur 2.3 Informasjonskilder benytte i dette prosjektet

Som Figur 2.3 illustrerer vil det samles inn informasjon fra forskjellige informasjonskilder for dette prosjektet, hvor deler av informasjonen vil komme fra forfatterens tidligere erfaringer og arbeid i relasjons til undersøkelsesområde. Forfatterens tidligere erfaringer som landmåler og et semesterprosjekt hvor det ble undersøke hvordan en totalstasjon kunne fungere som et bindeledd mellom BIM og byggeplass, vil benyttes.

I tillegg til forfatterens tidligere arbeid og erfaringer, vil majoriteten av informasjonen i dette prosjektet være samlet inn i forbindelse med gjennomføringen av dette prosjektet, og derfor være kategorisert som ny informasjon. Den nye informasjonen vil som Figur 2.3 illustrerer, hovedsakelig være samlet inn gjennom litteraturstudie og casestudie hos den norske entreprenørvirksomheten Kruse Smith AS, i tillegg til sekundærdata fra nettsider og lignende. Videre vil det også for dette prosjektet benyttes data slik som bygningsmodeller og arbeidstegninger fra prosjektene hvor casestudiene gjennomføres. Denne informasjonen vil omtales som prosjektdokumentasjon (Kruse Smith, u.d.). Spesifikke teknikker og prosedyrer for datainnsamling i prosjektets datainnsamling vil beskrives i avsnitt 2.4.

2.2. Filosofisk verdenssyn

Ved oppstarten av et prosjekt kan det med fordel vurderes å gjøre noen antagelser og bevisste valg for prosjektets filosofiske verdenssyn. Fordelen med dette er at det da blir dannet noen forutsetninger for gjennomførelse av prosjektet.

Dette prosjektet vil ta utgangspunkt i det pragmatiske filosofiske verdenssynet. Det pragmatiske verdenssynet er beskrevet av Creswell (2014) til å ta utgangspunkt i og fokusere på handlinger,

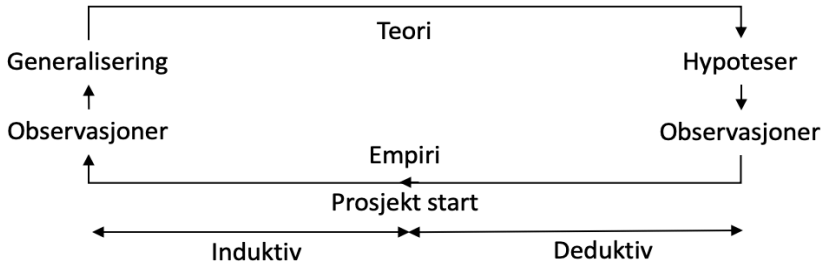
situasjoner og konsekvenser istedenfor forutgående forhold. I motsetning til det pragmatiske verdenssynet vil det postpositivistiske verdenssynet som oftests relatere seg til vitenskapelig forskning, som starter ut med en teori som enten kan bekreftes eller avkreftes basert på den innsamlede data (Creswell, 2014). Dette vil passe bra sammen med Contextual Design som omhandler utvikling av produkt eller tjenester basert på undersøkelser gjort blant brukergrupper.

I tillegg beskriver Creswell (2014) at ved å ta utgangspunkt i det pragmatiske verdenssynet kan en istedenfor å fokusere på bestemte metoder for datainnsamling, bruke alle tilgjengelige metoder for å forstå det aktuelle problemet. Pragmatikere ser på hva og hvordan det skal undersøkes basert på det ønskede utfallet. Derfor kan det sies at verdenssynet appellerer til undersøkelser med blandede metoder. Ved å bruke blandede metoder kombineres kvalitative og kvantitative undersøkelser. Forskjellen på disse undersøkelsesmetodene beskrives i avsnitt 2.4.

2.3. Undersøkelsesstrategi

Creswell (2014) beskriver at når det det velges et filosofisk verdenssyn vil dette påvirke prosjektets undersøkelsesstrategi. Store norske leksikon (2015) beskriver vitenskapsfilosofi som den systematiske inndelingen av særegenheter ved ulike vitenskaper. Disse er inndelt og klassifisert etter metodiske prinsipper i forhold til deduktive eller induktive vitenskaper. Deduktivisme og induktivisme bygger på henholdsvis kvantitativ teoritesting og kvalitativ teoribyggingsstrategi (de Vaus, 2001).

Ettersom det for dette prosjektet ble valgt et pragmatisk filosofisk verdenssyn, betyr det at undersøkeren står fritt til å velge mellom forskjellige undersøkelsestilganger. For dette prosjektet vil det benyttes en kombinasjon av teoritesting og teoribygging. På den måten vil det da skapes et samspill mellom teori og empiri. Ved å kombinere en induktiv og en deduktiv tilnærming til undersøkelsene, vil det dannes en teoretisk refleksjon i samspill med dataanalyse (Bryman, 2012). Figur 2.4 illustrerer hvordan dette prosjektet starter ut med en induktiv tilnærming og hvordan det siden vil få et mer deduktivt preg. På den måten vil det skapes et samspill mellom teori og empiri ved og benytte en kombinasjon av induktiv og deduktiv tilnærming.



Figur 2.4. Induktiv og deduktiv tilgang adoptert fra (de Vaus, 2001).

Som en del av datainnsamlingen vil det for dette prosjektet gjennomføres undersøkelser på byggeplass i form av casestudier. Bryman (2012) beskriver at casestudier ofte blir assosiert med en detaljert og intensiv analyse av en bestemt sak. I tillegg vil også casestudier ofte være tidsavgrensede. Dette prosjektets undersøkelser på byggeplassen vil derfor falle under kategorien for casestudier, da det vil bli undersøkt hvordan en totalstasjon kan implementeres som et nytt verktøy blant arbeiderene på byggeplassen. Datainnsamling i forbindelse med undersøkelser på byggeplassen vil gjengis i kapittel 8, i tillegg til observasjonslogger som vil være tilgjengelig i appendiksgruppe A-4.

2.4. Teknikker og prosedyrer for datainnsamling

I dette avsnittet vil det gis en beskrivelse av teknikker og prosedyrer benyttet i datainnsamlingen, i tillegg til teknikker og prosedyrer for bearbeiding av den innsamlede dataen.

Dette prosjektet vil benytte data fra primære og sekundære kilder. De primære dataene er data som er samlet inn direkte fra kilden, mens den sekundære dataen er samlet inn og har blitt prosessert av noen andre (Kothari, 2004). Samtidig som dataen kan klassifiseres fra hvilke typer kilder den kommer fra, er det også mulig å skille hva slags data som samles inn. Det kan derfor skilles mellom kvalitative og kvantitative data, hvor kvalitative data er data som kommer i form av ord og bilder og må tolkes for å brukes, og kan være resultat av eksempelvis et intervju. Den kvantitative dataen derimot, er data som ofte kommer i form av nummer som resultat av spørreundersøkelser eller en økonomisk analyse. Denne typen data kan gjerne brukes som statistikk (MacDonald & Headlam, 2009).

2.4.1. Primære data

For dette prosjektet vil de primære dataene som benyttes være innsamlet ved hjelp av metoder som intervju, observasjoner og spørreundersøkelser. Forskjellen på disse datainnsamlingsmetodene vil beskrives under.

Intervju
Intervju er en kvalitativ metode for innsamling av data som involverer verbal kommunikasjon mellom to forskjellige parter (Kothari, 2004). Ved å ta i bruk denne metoden har undersøkeren gode muligheter for å samle inn intervjuobjektets svar, i tillegg til følelser og holdning omkring intervjuspørsmålene (MacDonald & Headlam, 2009). Videre beskriver MacDonald og Headlam (2009) at når det skal gjennomføres intervju, er det viktig å ta stilling til hvem som besitter den aktuelle informasjonen og kan kategoriseres som nøkkelpersoner for intervjuet. Basert på disse faktorene kan det også med fordel tas stilling til hvilken intervjutype som skal benyttes.

For dette prosjektet vil intervjuet være semistrukturert. Kothari (2004) beskriver at når det gjennomføres et semistrukturert intervju betyr det at intervjueren i større grad har fleksibilitet ved at det er mulighet til å stille spørsmålene i ønsket rekkefølge. Andre fordeler med et semistrukturert intervju kan være at enkelte spørsmål kan utelates mens oppfølgingsspørsmål kan dukke opp gjennom intervjuet. For dette prosjektets intervjuguider og besvarte intervju, se appendiks gruppe A-1.

Observasjoner
Observasjoner er et vitenskapelig verktøy og en metode for datainnsamling, når observasjonene tjener et beskrevet formål (Kothari, 2004). Når observasjoner benyttes innhentes data direkte til observatøren uten at undersøkelsesobjektet blir dirkete spurt om noen spørsmål. Informasjonen innhentet under observasjon er relatert til det som skjer, og vil ikke kunne påvirkes av tidligere hendelser eller fremtidige intensjoner og holdninger. Når det gjennomføres observasjoner må observatøren være klar over at denne datainnsamlingsmetoden har sine begrensninger. Det er tidkrevende i tillegg til at informasjonen tilgjengelig kan være begrenset. Observasjoner gjort i forbindelse med datainnsamlingen for dette prosjektet er loggføres i en observasjonslogg. Se appendiks gruppe A-4.

Spørreundersøkelser

Spørreundersøkelser beskrives av Kothari (2004) som en rekke spørsmål sendt til respondenter for å bli besvart. Når en spørreundersøkelse sendes ut til respondenter er det viktig at den er strukturert, i tillegg til at spørsmål er formulert på en slik måte at respondenten selv kan lese og svare på spørsmålene som er stilt. Spørreundersøkelser kan være en substitutt for intervju hvis det vurderes å være tilstrekkelig for datainnsamlingen. Prosjektets benyttede og besvarte spørreundersøkelser finnes i appendiksgruppe A-5.

2.4.2. Sekundære data

Sekundære data er data som allerede er samlet inn av noen andre. Ved bruk av sekundære data er det viktig å være oppmerksom på at denne dataen ofte er samlet inn til å tjene andre formål enn det den skal brukes til (Kothari, 2004). For dette prosjektet vil den sekundære dataen bli samlet inn gjennom litteraturstudier fra kilder som bøker, vitenskapelige artikler, nettsider og andre kilder som kan vurderes som å ha høy reliabilitet og validitet.

2.5. Reliabilitet og validitet

For å skape et godt forskningsdesign er det viktig å ta stilling til reliabilitet og validitet. Dette avsnittet vil beskrive hvordan dette prosjektet skal oppnå målet for reliabilitet og validitet. Ved å ta stilling til disse begrepene kan prosjektets troverdighet og konsistens sikres.

2.5.1. Reliabilitet

Reliabilitet handler om hvorvidt de samme resultatene kan oppnås eller repeteres ved å bruke samme målinger (MacDonald & Headlam, 2009). Det beskriver dataens troverdighet. Bryman (2004) hevder at det er minst tre forskjellige faktorer som må overveies i forhold til reliabilitet. Han peker på stabilitet, intern reliabilitet og intern observeringskonsistens.

Stabilitet går ut på om en måling vil holde seg stabil over tid, og beskrives av Bryman (2004) som en test-retest-metode. Ved å gjennomføre en test-retest-metode vil man gjennomføre samme måling på to forskjellige tidspunkt, eller under andre omstendigheter. Dersom en måling er stabil betyr det at det samme resultat kan finnes igjen ved flere anledninger. Intern reliabilitet omhandler graden av hvorvidt målinger kan betraktes å være konsistente (Bryman, 2004). Intern reliabilitet kan opprettholdes ved at dette prosjektet undersøker det det sier det skal undersøke. Til slutt må også intern observeringskonsistens vurderes. Denne beskriver konsistens av observasjoner og analyser mellom forskjellige parter involvert (Bryman, 2004).

2.5.2. Validitet

Validitet omhandler i hvilket omfang undersøkelsesresultater er nøyaktige og troverdige, samt i hvilket omfang konklusjoner kan berettiges (MacDonald & Headlam, 2009). Innenfor validiteten finnes det en rekke forskjellige typer, herav blant annet intern og ekstern validitet (Bryman, 2012). Intern validitet relaterer i hovedsak til om en konklusjon som inneholder flere variabler er konsistent. Ekstern validitet relatere til om resultatene av en undersøkelse kan generaliseres.

3. Initierende undersøkelse

Hensikten med dette kapittelet er å gjennomføre en initierende undersøkelse av undersøkelsesområdet beskrevet i kapittel 1. Som beskrevet i kapittel 2 vil denne rapporten benytte Contextual Design som arbeidsprosess og metode, hvor det beskrives at det er viktig å forstå hvordan arbeiderene utfører sitt arbeid. Dette kapittelets initierende undersøkelse vil derfor ha som formål å undersøke den nåværende situasjonen tilknyttet informasjonsflyten mellom prosjektering og produksjon i byggeprosjekter. Videre vil byggebransjens teknologiske utvikling, med hensyn på ny teknologi som kan benyttes i byggeprosjektenes byggefase, undersøkes. Undersøkelsene gjort i den initierende undersøkelsen vil danne grunnlaget for denne rapportens problemstilling (se kapittel 4).

3.1. Byggebransjens teknologiske utvikling

Innenfor byggebransjen beskrives BIM som en fremtredende teknologi som kan bidra til å forbedre prosjekter (Wang & Chong, 2015). BIM er forkortelse for bygningsinformasjonsmodellering eller bygningsinformasjonmodell. Det er med andre ord viktig å skille mellom henholdsvis prosessen i å utvikle den digitale modellen og modellen som et produkt av denne prosessen. (Eastman, et al., 2011). Kang, et al. (2012) beskriver BIM som en objektbasert tredimensjonal digital modell av en bygning, kombinert med ingeniør- og designinformasjon. For mer informasjon om BIM se avsnitt 6.1.

Eastman, et al. (2011) beskriver at BIM i dag ofte brukes i forbindelse med visualisering og kontroll av det som skal bygges gjennom designsjekker og kollisjonskontroller mellom de involverte fagene i byggeprosjektet. I tillegg gir også bygningsmodellene brukerne muligheten å hente ut mengder og informasjon tilknyttet objektene i modellen. Azhar (2011) beskriver at den viktigste fordelen med BIM er at det gir en nøyaktig geometrisk representasjon av bygningsdelene en bygning vil bestå av i et integrert miljø. Videre beskrives det flere fordeler som blant annet at prosesser kan effektiviseres ved at informasjon enkelt kan deles eller gjenbrukes. Det påpekes også fordeler knyttet til muligheten for å foreta analyser direkte i modellen. Dette gir muligheten til å forbedre bygningsdesignet og å forbedre tidligere planlagte løsninger.

Wang & Chong (2015) påpeker at selv om BIM har fått sitt fotfeste innenfor byggebransjen, så har teknologien enda ikke oppnådd sitt fulle potensiale. De understreker at videre utvikling av denne teknologien må fokusere på hvordan BIM kan benyttes i alle stadier i et byggeprosjekts livssyklus for å forbedre prosjektenes prestasjon. I tillegg beskriver Davies & Harty (2013) at flere av dagens BIM-verktøy er god innarbeidet i arbeidsprosesser og kan potensielt bidra til fordeler innenfor sine spesifikke bruksområder. Likevel kan det antas at BIM i dag er mest utbredt og brukt i byggeprosjektenes designfase, og kan betraktes som et verktøy forbundet med prosjektering (Wang & Chong, 2015).

En av nøkkelfunksjonene og fordelene med BIM beskrives ifølge Sacks, et al., (2010) som å være muligheten for å effektivt kunne kommunisere et prosjekts designideer. Videre beskriver de at det svakeste leddet i denne kommunikasjonsflyten er det siste skrittet som omhandler å kommunisere informasjon ut til arbeiderene ute byggeplassen. For å gi arbeiderne den informasjon de trenger er tradisjonelle papirtegninger den dominerende måten å gjøre dette på (Sacks, et al., 2010). Bråthen & Moum (2016) beskriver at det er flere grunner for at tradisjonelle papirtegninger fortsatt er

dominerende i forbindelse med kommunikasjon av informasjon ut til arbeiderne på byggeplassen. Eksempelvis at det tidligere ikke har vært tilgjengelig verktøy som har gjort det mulig å bruke BIM i de utfordrende miljøer som kan finnes på en byggeplass. I tillegg beskriver Davies & Harty (2013) at det finnes utfordringer tilknyttet implementering og bruk av BIM på byggeplassene på grunn av byggebransjens konservative holdninger og sterke tilknytning til tradisjonelle papirtegninger.

I løpet av de siste årene har offentlige byggherrer lagt et større press på byggebransjen for å fremskynde digital utvikling. Statsbygg (2018), en av Norges største offentlige byggherre, uttaler i en pressemelding at de ønsker og ta et steg mot bruk av digitale verktøy i byggebransjen, i tillegg til en digitalisering av hele livssyklusen til bygninger. I den sammenhengen vil de innføre krav til at alle deres byggeprosjekter skal være papirløse, og at all prosjektering og koordinering skal skje ved hjelp av BIM. Videre påpeker Statsbygg (2018) at bruk av BIM i deres prosjekter ikke er noe nytt, men bruksgraden av modellene varierer mellom prosjektene på grunn av ulike preferanser hos kunder og leverandører. De understreker at på grunn av en varierende bruk av bygningsmodeller i deres prosjekt, har modellene tidligere fått status som en «sideleveranse». Statsbygg (2018) mener at de snur denne trenden ved å kontraktsfeste bruk av BIM i deres prosjekt, og samtidig kreve at all informasjon skal genereres og hentes ut fra bygningsmodellene. Statusen til bygningsmodellen vil på den måten endre status fra å være en sideleveranse til å bli en plattform hvor all informasjon i byggeprosjektene skal hentes ut fra. Dermed bli det som Statsbygg (2018) beskriver: en «master» for all informasjon i prosjektene.

Ettersom byggherrer som Bygningsstyrelsen og Statsbygg i dag stiler krav til bruk av bygningsmodeller i deres prosjekt, har det medført at de også har innført andre krav i forbindelse med digital samhandling. Se henholdsvis Klima-, Energi- og Bygningsministeriet (2013) og Statsbygg (2013). Gjennom disse kravene stiller dem blant annet krav til bruk av objektbaserte bygningsmodeller i forbindelse med prosjektkonkurranser, prosjektering og utførelse. I tillegg stiller de også krav til at bygningsmodellen skal leveres gjennom åpne standarder som Industrial Foundation Class (IFC). Se avsnitt 6.1.2 for mer om IFC. Videre beskrives det også at det stilles krav til at alle objekter i bygningsmodellen skal beskrives og kodes ved hjelp av en definert detaljeringsgrad.

Bråthen & Moum (2016) beskriver at det er primært de siste årene det har blitt undersøkt hvordan BIM kan brukes i andre faser av byggeprosessen enn design og prosjekteringsfasen. Likevel er ikke tanken om å bringe digital informasjon ut på byggeplassen ny. Kimoto, et al. (2005) undersøkte hvordan en mobil datamaskin i form av en håndholdt PDA (personlig digital assistent) kunne brukes til å kommunisere ut informasjon til byggeplassen. Den håndholdte datamaskinen ble benyttet til å gjennomføre fremdriftsovervåkning og kvalitetssikringsrelaterte oppgaver ved at prosjektledelsen kunne lage merknader på tegninger og utfylle sjekklister direkte i den håndholdte datamaskinen. Videre kunne denne informasjonen eksporteres til en PC eller skrives ut på papir og sendes til underentreprenører eller egne arbeidere på byggeplassen.

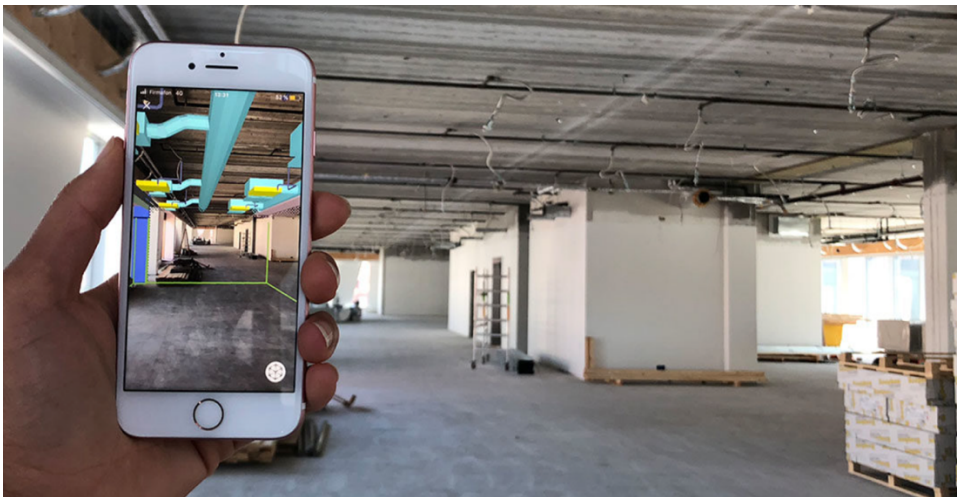
I forbindelse med å bringe BIM ut på byggeplassen beskriver Davies & Harty (2013) hvordan et byggeprosjekt tok i bruk «SiteBIM», hvor arbeiderne benyttet nettbrett for å få tilgang til arbeidstegninger, bygningsmodeller og annen relevant informasjon ute på byggeplassen. Figur 3.1 illustrerer hvordan et nettbrett ble benyttet ute i felten for å kommunisere informasjon ut til arbeiderene på byggeplassen gjennom bygningsmodeller og tegninger.

Figur 3.1. SiteBIM (Davies & Harty, 2013)

En annen måte å gi arbeiderne tilgang til informasjon gjennom BIM ute på byggeplassen, er som Bråthen & Moum (2016) beskriver gjennom en BIM-kiosk. En BIM-kiosk beskrives som en innkapslet skjerm tilkoblet en datamaskin med tastatur og mus, hvor det på datamaskinen vil være programvare tilgjengelig som kan benyttes for å visualisere og hente ut informasjon fra bygningsmodeller. Her må innkapslingen av datamaskinen være av en kvalitet som kan beskytte den mot det utfordrende miljøet på en byggeplass. Videre beskriver Bråthen & Moum (2016) at BIM-kiosken, i tillegg til å gi arbeiderne tilgang til modellen, også blir brukt som et forum for å diskutere løsninger og utforminger både innenfor og på tvers av fagområder. Figur 3.2 illustrerer et eksempel på hvordan en BIM-kiosk kan være utformet, og hvordan den brukes av arbeidere for å gi tilgang til informasjon gjennom bygningsmodeller.

Figur 3.2. BIM-kiosk (Kruse Smith AS, 2016)

I tillegg til BIM-kiosker og nettbrett har det også blitt undersøkt hvordan annen teknologi kan bidra til at BIM kan få et større bruksområde i selve byggefasen i byggeprosjekter. Ifølge Wang & Chong (2015) beskrives Augmented Reality (AR) som en ny teknologi som er på vei inn i byggebransjen. Wang, et al. (2013) beskriver at AR kan benyttes til å kombinere datagenererte bygningsmodeller og den virkelige verden, og lar på den måten brukeren visualisere digitale modeller i den virkelige omgivelser i sanntid. Dalux (u.d.) beskriver på deres hjemmesider at de tilbyr AR i lommeformat gjennom deres TwinBIM teknologi, som lar brukerne visualisere modeller gjennom mobiler som har støtte for funksjonen. Figur 3.3 illustrerer hvordan AR teknologi kan benyttes for å visualisere informasjon fra bygningsmodeller i den virkelige verden gjennom mobiltelefoner.



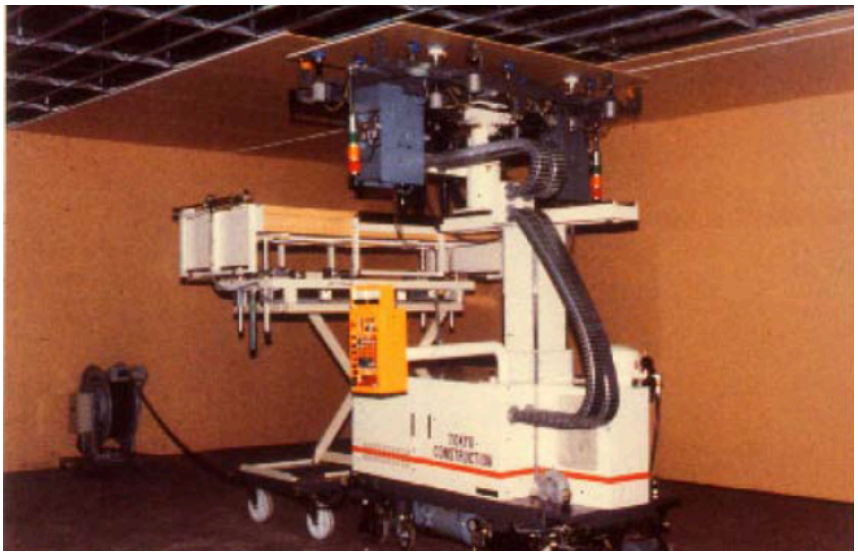
Figur 3.3. AR benyttet for visualisering av bygningsmodeller i virkelige omgivelser (Dalux, 2018)

Kang, et al. (2012) beskriver hvordan de tok i bruk en robotisert totalstasjon for å gjennomføre kvalitetskontroller med høy nøyaktighet på byggeplassen. De benyttet seg av programvarer for å generere stikningsdata til totalstasjonen fra bygningsmodeller, som ble benyttet i kvalitetskontrollen. De vanligste bruksområdene til totalstasjoner er utstikning av referansepunkter på byggeplassen som eksempelvis bygningsakser eller høydemerker, kontrollpunkt for betongarbeid eller overflatemålinger for mengedeberegninger, i tillegg til innmåling av som bygget data for kontroll av allerede byggede komponenter. Fra deres undersøkelser på byggeplassen konkluderte Kang, et al. (2012) med at totalstasjonen viste seg å være et verktøy som trygt kunne benyttes til proaktive kvalitetskontroller i produksjonssammenheng. I tillegg påpeker de at totalstasjonen har flere bruksområder og blant annet kan benyttes i forbindelse med plassering av bygningskomponenter og til innsamling av som bygget data for å skape som bygget modeller. Figur 3.4 illustrerer en totalstasjon med sin tilhørende kontroller. For mer informasjon om totalstasjoner, se avsnitt 6.2.

Figur 3.4. Totalstasjon og tilhørende kontroller (Leica Geosystems, u.d.)

På samme måte som at en totalstasjon brukes for å dokumentere det som er bygget, kan skanning av bygg være en effektiv måte å dokumentere og integrere eksisterende situasjoner i bygningsmodeller. Denne dokumentasjonen kan eksempelvis benyttes ved renovasjon eller lignende (Azhar, et al., 2012). Skanning av bygg ved bruk av Lidar kan også brukes til å verifisere det som er bygget mot det som er designet i bygningsmodellen (Wang, et al., 2015). Det finnes flere fordeler ved å bruke Lidar fremfor totalstasjoner. Eksempelvis vil en skanner sammen med BIM presentere brukeren en sammenligning mellom det som er planlagt, og det som er bygget.

Annen teknologi som har vist seg i byggebransjen er konstruksjonsroboter. Bock (2007) understeker at konstruksjonsroboter var i bruk allerede på 70-tallet, hvor de arbeidet med prefabrikasjon og modulhus. I de etterfølgende årene startet roboter å vise seg ute på byggeplasser, og prototyper for spesifikke arbeidsoppgaver ble utviklet. Selv om konstruksjonsroboter ble testet ut i en stor skala påpeker likevel Bock (2007) at det kun var et fåtall som ble tilgjengelige for markedet. Årsaken til dette kan være som Lundeen et al. (2019) og Bock (2007) påpeker, at roboter vil møte utfordringer tilknyttet karakteren av byggeplasser sammenlignet med produksjons- og fabrikklokaler. En utfordring vil først og fremst være at på byggeplassen kommer ikke arbeidsoppgavene til roboten, den må gå til arbeidsoppgavene (Lundeen, et al., 2019). I tillegg beskriver Bock (2007) at det for implementering av roboter på byggeplassen kreves en forståelse omkring robotikk og automasjon blant entreprenører. For at en robot skal være brukelig på byggeplassen må roboten selv ha muligheten til å ta i bruk sensorer og en BIM for å kunne planlegg og utføre adaptive arbeidsoppgaver på byggeplassen, hvor den faktiske geometrien til bygningskomponenter kan avvike fra det designede (Lundeen, et al., 2019).



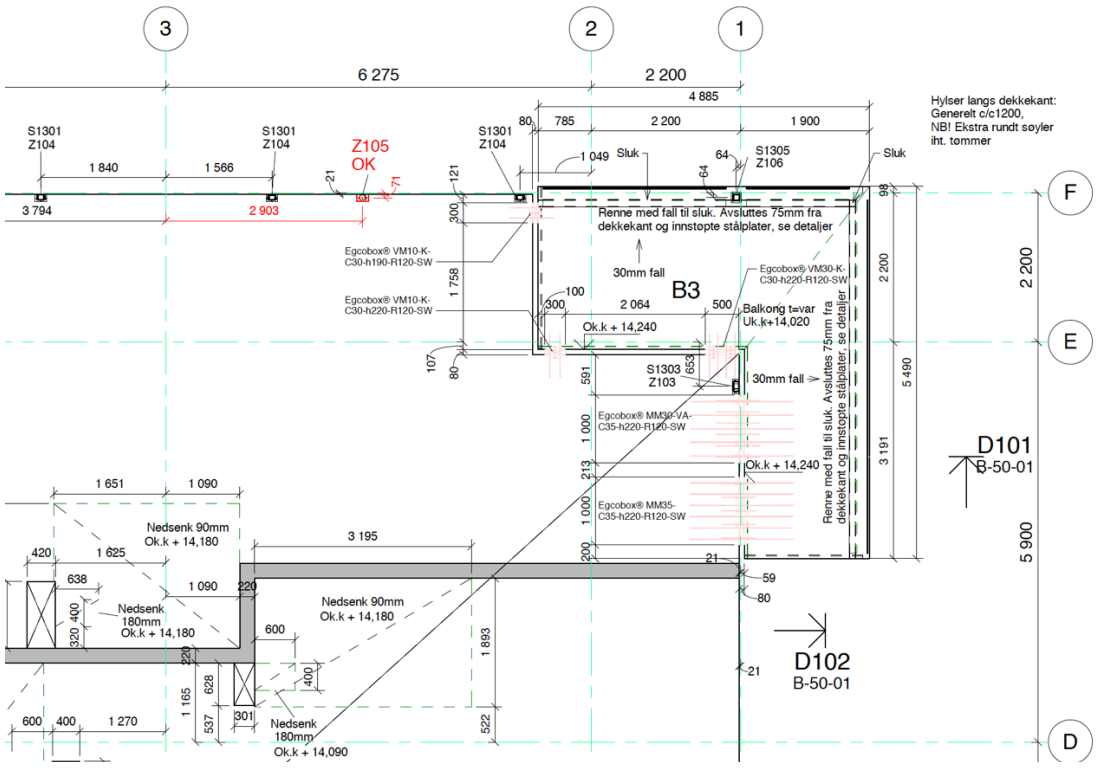
Figur 3.5. Konstruksjonsrobot benyttet i forbindelse med bygning av himling (Bock, 2007)

3.2. Dagens situasjon

Som beskrevet i kapittelets innledning vil det gjennom dette prosjektet undersøkes hvordan informasjonsflyten fra prosjektering til produksjon kan forbedres. For å løse det problemet vil det derfor være viktig å forstå dagens situasjon, og hvordan dette problemet løses på byggeprosjekter i dag. Dette avsnittet vil derfor beskrive informasjonsflyten i dagens situasjon.

I forbindelse med et byggeprosjekt er det essensielt å vite hva som skal bygges, i tillegg til hvordan det skal bygges. I følge Sacks, et al. (2010) blir det i dag hovedsakelig benyttet papirtegninger i byggebransjen for å kommunisere denne informasjonen til arbeiderene. Dette ser ut til å stemme overens med observasjoner foretatt på byggeplassen, hvor det stort sett kan antas at det i dag finnes tegninger som beskriver alt som skal utføres (se appendiks A-4). I forbindelse med kommunikasjon definerer Johnson, et al. (2014) begrepet som å gjøre felles eller å delaktiggjøre. Kommunikasjon beskrives å være avgjørende for at en organisasjon skal kunne fungere, og hvis den er dårlig kan det føre til at organisasjonen faller fra hverandre. Kommunikasjon bidrar til at menneskene i organisasjonen kan arbeide mot et felles mål. På samme måte observeres det at arbeidstegninger brukes av arbeiderne på byggeplassen for å kommunisere designinformasjon og beskrive hva og hvordan arbeid skal utføres. I tillegg ser det ut til å bidra til at alle jobber mot et felles mål, samt gir grunnlag for at arbeidet utføres som planlagt (se appendiks A-4).

Selv om tradisjonelle tegninger fungerer etter sitt formål, kritiserer Sacks, et al. (2010) likevel tegninger for å kommunisere designinformasjon på en dårlig måte. Herunder uttrykker de at tegninger ofte er laget for å inneholde mest mulig informasjon, noe som kan medføre at arbeidstegninger kan bli vanskelige å forstå. Figur 3.6 illustrerer et utklipp fra en arbeidstegning som benyttes i forbindelse med betongarbeidet for byggingen av et betongdekke.

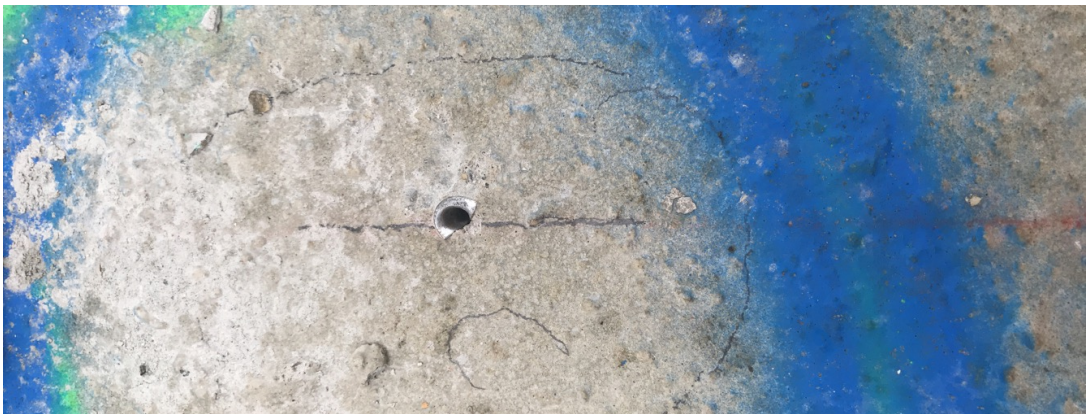


Figur 3.6 Illustrerer et utklipp fra tegning 2 B-20-01-03 DEKKE OVER 03. ETG, se bilag B-1 for hele tegningen

I forbindelse med bruk av arbeidstegninger beskriver betongbasen (se appendiks A-4) at arbeidstegningene ofte henviser til andre tegninger eller dokumenter, hvor informasjon tilknyttet spesifikke detaljer er beskrevet. Dette illustreres også i Figur 3.6, hvor det henvises til snittene D101 og D102 i tegning B-50-01.

Som illustrert i Figur 3.6 bruker arbeidstegningen bygningsakser som referanser for plassering av bygningskomponentene. Betongbasen beskriver at det ofte kreves flere regneoperasjoner ute på byggeplassen for å finne frem til målene de trenger til å bestemme plasseringen til enkelte av bygningskomponentene (se appendiks A-4). I tillegg påpekes det at det må gjennomføres målinger fra to forskjellige bygningsakser, herunder tallakser og bokstavakser, for å kunne bestemme plasseringen til et punkt på byggeplassen. Fra Figur 3.6 kan det antas at det ville kreves flere regneoperasjoner for å finne alle de relevante målene tilknyttet plasseringen av balkongen, gitt at det var aksene 3 og E fra figuren som var tilgjengelig på byggeplassen.

For å plassere bygningsaksene ut på byggeplassen benyttes det eksterne landmålere. Landmåleren vil benytte en totalstasjon for å gjennomføre denne operasjonen, hvor totalstasjonen kan plassere bygningsaksene med få millimeters nøyaktighet. For å plassere bygningsaksene på byggeplassen blir det stukket ut to punkter for hver akse, hvor disse markeres ved hjelp av en spiker eller tilsvarende. Fra de to punktene på hver akse vil arbeiderne benytte en krittsnor for å markere bygningsaksene mellom aksepunktene som ble stukket ut av landmåleren. På denne måten vil bygningsaksene bli visuelle på plassen, og kan brukes av alle arbeiderene i forbindelse med ut utmåling av bygningskomponenter. Når aksene er plassert ut på byggeplassen, vil arbeiderene bruke målebånd eller tilsvarende måleredskap for å bestemme plasseringen til bygningskomponenten fra bygningsaksene og målsetningene illustrert i tegningene. Figur 3.7 illustrerer hvordan punkt for bygningsakser markeres ved hjelp av splitthylser som blir boret ned i betongen. Merkene vil på den måten bevares slik at arbeiderne kan benytte disse punktene når de skal merke aksene ved hjelp av en krittsnor.



Figur 3.7 Punkt for bygningsakser markert ut på byggeplassen ved hjelp av en splitthylse.

Videre beskriver betongbasen at det av og til kan skje menneskelige feil knyttet til plasseringen av bygningskomponenter. Han beskriver at det kan skje feil i forbindelse med avlesning av mål i tegningen, eller feil ved utregning av bygningskomponentenes plassering fra aksene (se appendiks A-4). I tillegg hevder han at selv om utregningsprosessen for å bestemme plasseringen av bygningskomponentene er utført korrekt finnes det også feilkilder tilknyttet utmålingen, slik som feil ved avlesning på målebåndet eller ved bruk.

I forbindelse med prosessen for plassering av bygningsakser uttrykker basen at det ofte er mye usikkerhet og venting tilknyttet bestilling av landmåler på byggeplassen (se appendiks A-4). Basen nevner at når de skal bestille en landmåler til byggeplassen, må det ofte gjøres minimum én uke i forveien. Dette kan by på utfordringer ettersom det ikke alltid er lett å forutse fremdriften på byggeplassen.

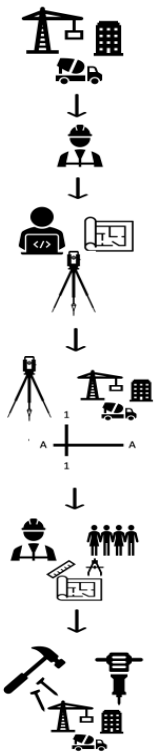
3.2.1. Arbeidsmodeller for dagens situasjon

Som beskrevet i innledningen (se kapittel 1), vil dette prosjektets fokusområde være å undersøke hvordan informasjonsflyten mellom BIM og byggeplassen kan forbedres. Som Beyer & Holtzblatt (u.d.) påpeker, ligger det dypt forankret i metodikken til Contextual Design å forstå brukeren og hvordan den arbeider, for å utvikle et tilpasset produkt eller tjeneste. De hevder også at arbeidsprosesser ofte består av komplekse, varierte og detaljerte handlinger, og at det ikke er lett å beskrive de detaljerte handlingene bak arbeidsprosessene. I den sammenheng uttrykker Beyer & Holtzblatt (u.d.) at det med fordel kan benyttes arbeidsmodeller for å illustrere detaljerte arbeidsprosesser på en forståelig måte.

Det finnes forskjellige typer arbeidsmodeller som fokuserer på forskjellige perspektiv. Blant annet trekker Beyer & Holtzblatt (u.d.) frem flytmodeller, kulturelle modeller, sekvensmodeller og fysiske modeller. Flytmodellen kan brukes for å illustrere kommunikasjon og koordinering mellom individer for å gjennomføre arbeid, mens den kulturelle modellen ønsker å illustrere hvordan kultur og politikk kan påvirke eller begrense arbeid. Fysiske modeller illustrerer hvordan fysiske omgivelser kan påvirke arbeidet, og sekvensmodeller benyttes for å beskrive en detaljert fremgangsmåte for forskjellige handlinger ved en arbeidsprosess. For å beskrive arbeidsprosessen for plassering av bygningskomponenter vil dette prosjektet benytte seg av arbeidsmodeller for å beskrive den detaljerte fremgangsmåten. Dette vil bli gjort gjennom en sekvensmodell og en flytmodell, nettopp for å beskrive hvordan prosessen koordineres, i tillegg til hvordan kultur og omgivelser kan påvirke arbeidet. Arbeidsmodellene vil beskrives fra betongbasens perspektiv, og er utarbeidet basert på beskrivelsen av dagens situasjon fra avsnitt 3.2, samt observasjoner på byggeplassen.

Sekvensmodell

En sekvensmodell karakteriseres av Beyer & Holtzblatt (u.d.) som å være en modell som detaljert beskriver en fremgangsmåte for et arbeid. Alle trinnene som er viktige for å fullføre oppgaven vil bli beskrevet. Denne modellen vil avdekke forskjellige strategier benyttet for å fullføre arbeidet, og utfordringer som kan komme i veien for arbeidet som skal utføres. Figur 3.8 illustrerer en sekvensmodell for plassering av bygningskomponenter på byggeplassen sett fra betongbasen sitt perspektiv.



En boligblokk er under oppføring, og betongarbeidet for en etasje er i ferd med å fullføres. Det betyr at forskaling for et nytt betongdekke og en ny etasje må bygges.

Basen vil i samråd med formannen bestille en landmåler til byggeplassen. Det blir avtalt hva som skal stikkes og når landmåleren skal komme til byggeplassen.

Landmåleren vil starte med å forberede stikningsdata for det som skal stikkes, og reiser deretter ut til byggeplassen for å gjennomføre stikkingen.

Landmåleren ankommer byggeplassen, og basen vil bistå landmåleren ved å vise landmåler rundt på byggeplassen, hjelpe til med stikking og markering av aksene.

Basen og de andre betongarbeiderne vil deretter benytte bygningsaksene som utgangspunkt til plassering av bygningskomponenter. For å plassere komponentene vil arbeiderene bruke målsatte arbeidstegninger, målebånd og tommestokker.

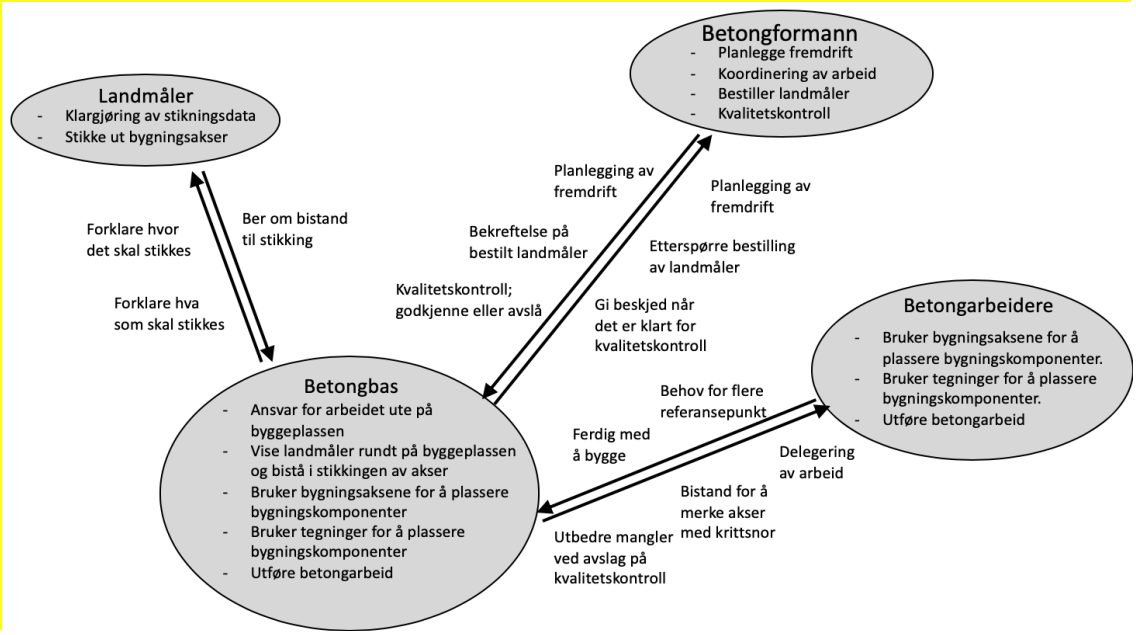
Når basen og arbeiderene har plassert bygningskomponentene, kan byggingen av forskalingen til den nye etasjen starte.

Figur 3.8 Sekvensmodell for plassering av bygningskomponenter på byggeplassen, adoptert fra Beyer & Holtzblatt (u.d.)

Flytmodell

Beyer & Holtzblatt (u.d.) beskriver at en flytmodell kan benyttes for å kartlegge kommunikasjon og koordinering mellom individer involvert i arbeidsprosessen. Denne modellen vil avdekke formelle og uformelle arbeidsgrupper og hvilken kommunikasjon som er kritisk for å kunne gjennomføre arbeidet, i tillegg til roller og ansvar.

I forbindelse med kartlegging av kommunikasjon og koordinering fra betongbasens synspunkt, kan det anses som at basen har mye av ansvaret for koordinering forbundet med betongarbeidet på byggeplassen. Betongbasen må kommunisere med betongformannen og landmåleren, i tillegg til å koordinere de andre betongarbeiderne på byggeplassen. Figur 3.9 illustrerer flytmodellen for arbeidsprosessen ved plassering av bygningskomponenter, hvor pilene mellom de ulike instansene symbolisere kommunikasjon.



Figur 3.9 Flytmodell for plassering av bygningskomponenter på byggeplassen, adoptert fra Beyer & Holtzblatt (u.d.)

I forbindelse med bygningsarbeid ansees koordinering og kommunikasjon som viktige aspekter for å kunne gjennomføre arbeid. Som beskrevet i avsnitt 3.2, er det en rekke forutsetninger som må på plass før bygningskomponenter kan plasseres og bygges. Basen må blant annet koordinere med betongformann i forhold til når landmåleren skal komme til byggeplassen og hva som skal stikkes. Kvalitetskontroll av utført arbeid er også et viktig element i forbindelse med bygging. Det må derfor også koordineres med betongformannen i forhold til når det er klart for kvalitetskontroll.

Videre vil også basen koordinere og bistå landmåleren når han ankommer byggeplassen, hvor basen må følge landmålerens rundt på byggeplassen for å vise hva som skal stikkes. Dette anses som et viktig steg i prosessen. Basen beskriver at dersom stikkeren ikke får forklaring på hva som skal stikkes og hvor, kan det medføre at landmåleren drar fra byggeplassen før betongarbeiderne har fått den informasjonen de trenger for å starte byggeprosessen (se appendiks A-4).

Betongarbeiderne må også koordineres av basen. Den ansvarlige betongbasen må delegere arbeidsoppgaver, og sørge for at arbeidet på byggeplassen blir utført som tiltenkt og i tråd med fremdriftsplanen. I tillegg må basen og betongarbeiderne blant annet sørge for at det er tilkomst til området hvor det aktuelle arbeidet skal foregå, samt at området må være sikret dersom arbeidet for eksempel skal foregå i høyden.

Andre aspekt som kan påvirke arbeidet

I tillegg til kommunikasjon og koordinering illustrert gjennom flytmodellen i Figur 3.9, hevder Beyer & Holtzblatt (u.d.) at andre aspekter som kultur og fysisk omgivelser også vil kunne påvirke hvordan arbeid utføres. Eksempelvis kan fysiske forhold som vær og dagslys begrense arbeidet ettersom landmåleren er avhengig av å ha en god visuell sikt for å kunne gjennomføre sitt arbeid. Betongbasen beskriver at det om vinteren kan føre til at landmåleren ikke har mulighet til å jobbe før klokken ni om morgenen og etter klokken tre om ettermiddagen, i mangel på dagslys (se appendiks A-4). I tillegg beskriver han at lagring av materiell på byggeplassen kan føre til at det er nødvendig med en opprydning før det er mulig å gjennomføre utmålinger med målebånd.

Det kulturelle og politiske aspektet kan også medføre elementer som kan begrense arbeid, da byggebransjen ofte kan beskrives som konservativ og dermed heller ikke åpen for nytenking og innovasjon (Larsen & Ussing, 2011). Byggebransjens konservative side viste seg da en totalstasjon først ble presentert som et verktøy på byggeplassen, ettersom arbeiderene så lite verdi i å ta i bruk det nye utstyret. Ved et senere tidspunkt kunne de likevel beskrive flere positive enn negative egenskaper tilknyttet totalstasjonen (Flataker, 2019). Andre kulturelle og politiske faktorer som muligens påvirker arbeidet kan eksempelvis være HMS relaterte elementer eller krav til utførelser.

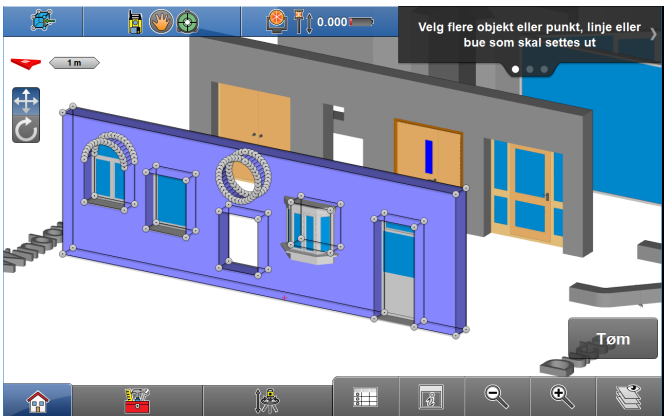
3.3. Forfatters erfaringer ved bruk av BIM

I forbindelse med prosjektets initierende undersøkelser, som har som formål å skape grunnlaget for prosjektets problemstilling, anses det som fordelaktig å kartlegge forfatterens kunnskaper og erfaringer. Det kan derfor nevnes at prosjektets forfatter i tillegg til testprosjektet beskrevet i avsnitt 3.3.1, besitter ett års arbeidserfaring som landmåler. Det kan derfor antas at prosjektets forfatter har kunnskap til landmålingsfaget, både forbundet med bruk av landmålingsutstyr i tillegg til etablering av stikningsdata og bearbeiding av data fra felten.

3.3.1. Stikking fra BIM

I forbindelse med bruk av BIM i et byggeprosjekts gjennomføringsfase, var forfatteren av denne rapporten delaktig i gjennomføringen av et testprosjekt hvor det ble undersøkt hvordan en totalstasjon kunne benyttes som kommunikasjonsledd mellom BIM og byggeplass (Flataker, 2019). Testprosjektet ble gjennomført i samarbeid med den norske entreprenørvirksomheten Kruse Smith, i forbindelse med et praksisopphold hos virksomheten høsten 2018 gjennom masterstudier ved Aalborg Universitet.

Ettersom formålet med dette testprosjektet var å undersøke hvordan kommunikasjonsflyten mellom BIM og byggeplassen kunne digitaliseres ved hjelp av en totalstasjon, ble det tatt i bruk en robotisert totalstasjon hvor bygningsmodellen for bygningens bærende konstruksjoner var importert. Gjennom testprosjektet ble totalstasjonen benyttet til å stikke ut plassering av forskaling for plasstøpte betongkonstruksjoner, i tillegg til plassering av stålsøyler og annet innstøpningsgods (Flataker, 2019). Figur 3.10 illustrerer hvordan totalstasjonens kontroller selv kan definere punkt og linjer basert på geometrien fra en bygningsmodell.



Figur 3.10 Skjermdump fra totalstasjonens kontroller som illustrerer hvordan den programvaren selv kan definerer linjer og punkter basert på geometrien til objektene i bygningsmodellen (Flataker, 2019).

I etterkant av testprosjektet ble det gjennomført intervju med de involverte parter. Herfra ble det dratt frem flere positive sider ved bruk av totalstasjonen for å plassere bygningskomponenter (Flataker, 2019). En av fordelene som ble nevnt var at det ble færre feil på arbeid utført enn ved plassering av bygningskomponenter ved hjelp av målebånd. I tillegg ble det også nevnt at det var en reduksjon i tidsbruken ved å bruke totalstasjonen til plassering av bygningskomponenter. En annen fordel ble påpekt å være en større fleksibilitet ved å ha bygningsmodeller tilgjengelig i totalstasjonen, da produksjonsteamet kunne få plasseringen til alle komponenter fra modellen utstukket på byggeplassen. Det ble påpekt av betongbasen at de samme effektene som totalstasjonen hadde gitt dette prosjektet, helt klart måtte kunne finnes igjen i andre prosjekter.

3.3.2. BIM feedbackloop

I tillegg til å bruke totalstasjonen for å kommunisere informasjon ut på byggeplassen, ble det gjennom testprosjektet undersøkt hvordan totalstasjonen kunne brukes for å kommuniseres informasjon fra byggeplassen tilbake til BIM (Flataker, 2019). Feedback kan for eksempel beskrives som tilbakemeldinger fra en prosess som gjennomføres. Basert på disse tilbakemeldingene kan prosessen justeres, slik at prosessen kan gjennomføres mer effektivt (Johnson, et al., 2014). I forbindelse med defineringen av en BIM feedbackloop, beskriver leder ved VDC avdelingen i Kruse Smith, Gunnar Skeie, at på sammen måte som en tradisjonell feedbackloop kan brukes for å forbedre enn prosess, vil en BIM feedbackloop fokusere på å skape en informasjonsflyt mellom BIM og byggeplass. Feedbackloopen vil derfor kunne brukes til å kommunisere informasjon fra BIM ut til arbeiderne på byggeplassen, i tillegg til informasjon fra byggeplassen tilbake igjen til BIM (se appendiks A-4). I dag blir bygningsinformasjon formidlet ut til arbeiderne på byggeplassen gjennom arbeidstegninger, som vil være grunnlaget når det skal bygges. Når arbeideren får tegningen og starter byggeprosessen, stopper også bygningsinformasjonsflyten ettersom arbeiderne sjeldent fører informasjon om det som blir bygget tilbake på arbeidstegningen. En BIM feedbackloop vil kunne lukke denne informasjonsloopen. Totalstasjonen er i dag et verktøy som kan gjennomføre og dokumentere utmålinger, og kan på den måten dokumentere det som blir bygget digitalt. Totalstasjonen vil derfor være en viktig brikke for å skape en BIM feedbackloop. Videre hevder Skeie at denne informasjonen for eksempel kan representere as-build data eller brukes som sporbar dokumentasjon på arbeid som er utført. I tillegg kan modeller ved hjelp av denne informasjonen oppdateres basert på virkelige forhold fra byggeplassen. Se avsnitt 6.3.5 for mer om BIM feedbackloop. Figur 3.11 illustrerer hvordan BIM feedbackloopen vil benytte en totalstasjon for å kommunisere informasjon mellom BIM og byggeplass.

Figur 3.11 BIM feedbackloop (Flataker, 2019)

4. Problemstilling

Dette kapittelet har til hensikt å fremlegge rapportens problemstilling, som har sitt utspring fra de initierende undersøkelsene gjennomført i kapittel 3. Problemstillingen er bygget opp med et hovedspørsmål med tilhørende underspørsmål, hvor en besvarelse av underspørsmålene også vil besvare problemstillingens hovedspørsmål. I tillegg til prosjektets problemstilling vil også prosjektets rammer og avgrensning beskrives i dette kapittel (se avsnitt 4.2).

Fra den initierende undersøkelse i kapittel 3, kan det antydes at BIM er en teknologi som har kommet til byggebransjen for å bli. Selv om BIM har vist store fordeler tilknyttet prosjekteringsrelaterte oppgaver, beskriver Sacks, et al. (2010) at BIM fortsatt mangler den viktige egenskapen som omhandler formidling av informasjon fra bygningsmodeller til arbeiderene på byggeplassen. Arbeidstegninger er den dominerer informasjonsflyten fra de prosjekterende til byggeplassen, noe som lenge har vært den mest effektive måten å formidle informasjon på. Dette understøttes også av Davies & Harty (2013) sin beskrivelse av en bygningsmodells livssyklus. Komplette tredimensjonale bygningsmodeller utvikles i prosjektenes prosjekteringsfase, før denne tredimensjonale modellen transformeres til todimensjonale tegninger som sendes til byggeplassen og bygningsmodellene arkiveres. Dette kommer også frem gjennom observasjoner fra dagens situasjon på byggeplassen, hvor det observeres at bygningsmodeller hovedsakelig benyttes i tilknytning til koordinering av prosjekteringsfasen. I tillegg observeres det at byggeplassen domineres av papirtegninger. Selv om BIM også brukes i produksjonsfasen til rapportering av mengder og visualisering av det som skal bygges, ligger dens hovedbruksområde tilknyttet prosjekteringsfasen.

Gjennom rapportens initierende undersøkelser blir også forfatterens erfaringer og tidligere arbeid tilknyttet undersøkelsesområdet vurdert til å være relevant for prosjektet. Som allerede forklart i avsnitt 3.3, gjennomførte forfatteren av dette prosjektet et testprosjekt med formål om å undersøke hvordan en totalstasjon kunne benyttes som et bindeledd mellom BIM og byggeplass. Resultatet fra dette testprosjektet viste at totalstasjonen kunne fungere som et bindeledd mellom BIM og byggeplass. I tillegg ble det også påpekt at det fantes flere positive gevinster ved å ta i bruk en totalstasjon for å kommunisere informasjon til arbeiderene ute på byggeplassen. Blant annet ble det påpekt gevinster tilknyttet faktorene tid og kvalitet. Det ble også påpekt at effektene totalstasjonen medførte, kunne overføres til andre byggeprosjekt.

Som beskrevet gjennom dette prosjektets initierende undersøkelser, kan det anses som at BIMs bruksområder i stor grad begrenser seg til å være et verktøy for de prosjekterende. Bygningsmodellenes liv ser ut til å avsluttes når informasjon skal kommuniseres ut til arbeiderne på byggeplassen. Samtidig utvikles det også verktøy for å bidra til å forlenge bygningsmodellenes liv, og gi dem et bruksområde i produksjonen. Denne rapporten vil derfor undersøke hvordan totalstasjonen kan implementeres som et verktøy i produksjonen for å kommunisere informasjon fra bygningsmodeller ut til arbeiderne. Det vil i tillegg bli undersøkt hvilke tekniske og organisatoriske utfordringer som oppstår i forbindelse med implementeringen av totalstasjonen. I den sammenheng ble det derfor utviklet én problemstilling med tilhørende underspørsmål, for å målrette undersøkelsene. Prosjektets problemstilling, med tilhørende underspørsmål, er beskrevet i avsnitt 4.1.

4.1. Problemstilling

Hvordan kan en totalstasjon implementeres som et nytt verktøy for å skape en sammenkobling mellom BIM og byggeplass på prosjektnivå?

- Hvordan kan implementering av totalstasjonen påvirke et byggeprosjekt?
  - Hvilke effekter kan implementering av totalstasjonen gi?

- Hvilke tekniske utfordringer kan oppstå ved implementering av totalstasjonen?
  - Hvilke krav må stilles til BIM som produksjonsunderlag?
  - Hvordan kan totalstasjonen innfri nye krav til digitalisering i et byggeprosjekt?
  - Hvordan kan totalstasjonen bidra i en digital produksjon?

- Hvilke organisatoriske utfordringer kan oppstå ved implementering av totalstasjonen?
  - Hvordan kan ny teknologi som totalstasjonen bli en del av hverdagen på byggeplassen?

4.2. Avgrensning

Sammen med prosjektets problemstilling er det også utformet en avgrensning. Formålet med denne er først og fremst å definere og spesifisere prosjektets omfang. Videre vil også avgrensningen bidra til at undersøkelsene i dette prosjektet gjennomføres mest mulig målrettet.

Som beskrevet i prosjektets problemstilling, vil dette prosjektet undersøke hvordan en totalstasjon kan implementeres som et nytt verktøy på prosjektnivå. I den sammenheng vil det gjennomføres undersøkelser i to utvalgte byggeprosjekt, hvor en totalstasjon skal tas i bruk av arbeidere på byggeplassen for å gi tilgang til informasjon fra bygningsmodeller ute på byggeplassen. I den sammenheng vil dette prosjektet definere prosjektnivå til å være et byggeprosjekt og dets arbeidere. Av den grunn vil ikke dette prosjektet fokusere på den øvrige delen av en entreprenør sin organisasjon.

Tilknyttet undersøkelsene på byggeplassen, vil implementeringen foregå på byggeprosjekter hvor det allerede er drift. Dette vil medføre at det finnes begrensninger tilknyttet undersøkelsene, ettersom byggeprosjektenes fremdrift ikke skal vike for dette prosjektets undersøkelser. Det vil i den forbindelse også påpekes at alle forutsetninger for å ta i bruk totalstasjonen i byggeprosjektene eksisterer, da med tanke på etablering av byggeplassen, oppretting av fastmerker, med mer.

Videre vil også dette prosjektet ta i bruk en rekke programvarer i forbindelse med undersøkelsene av prosjektets problemstilling. Dette prosjektet vil i den sammenheng utelukkende forholde seg til programvarenes bruksområder tilknyttet dette prosjektets undersøkelsesområde. Dette vil medføre at andre bruksområder, funksjoner, eller annen programvarerelatert informasjon ikke vil undersøkes.

5. Definering av konsept

For å undersøke og besvare prosjektets problemstilling vil det bli benyttet metodikken Contextual Design. Se kapittel 2 for mer om dette. Metodikken vil benyttes i forbindelse med implementering av ny teknologi på byggeplassen, hvor dette vil medføre en endring og utvikling av dagens arbeidsprosesser. Dette avsnittet vil derfor ha som formål å undersøke hvordan implementeringen av totalstasjonen som et nytt verktøy, vil påvirke arbeidsprosessene på byggeplassen.

5.1. Definering av nytt konsept og arbeidsprosesser

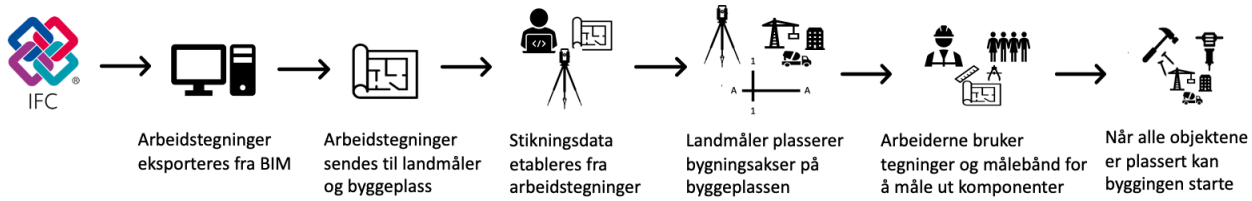
Ettersom at en totalstasjon skal implementeres som et nytt verktøy blant arbeiderne, vil det medføre endringer i dagens arbeidsprosesser. Som beskrevet i metodikken Contextual Design, ligger det dypt forankret i metodikken å forstå arbeidsprosesser for å kunne gjøre endringer ved dem (Beyer & Holtzblatt, u.d.).

Fra dagens situasjon beskrevet i avsnitt 3.2, ser vi at byggeplassene i dag bruker bygningsakser og arbeidstegninger for å stedfeste og kommunisere informasjon til arbeiderene på byggeplassen. For å stedfeste informasjonen fra tegningene vil arbeiderne benytte bygningsakser som referansepunkt når det skal plasseres bygningskomponenter ved hjelp av målebånd. Ved dagens situasjon betraktes arbeidstegninger og bygningsakser som nødvendige for å kunne utføre arbeidet som tiltenkt.

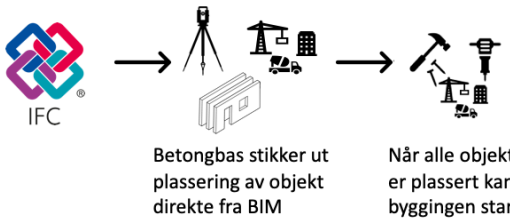
Fra prosjektets initierende undersøkelser kan det antas at det allerede finnes et konsept for å skape en sammenkobling mellom BIM og byggeplass (se avsnitt 3.3.1). Dette prosjektets forfatter gjennomførte et prosjekt hvor det ble undersøkt hvordan en totalstasjon kunne benyttes for å skape en sammenkobling mellom BIM og byggeplass. Resultatene viste at en totalstasjon med stor suksess kunne benyttes for å skape denne sammenkoblingen (Flataker, 2019).

Selv om det allerede finnes et konsept for å skape en sammenkobling mellom BIM og byggeplass, har det ikke tidligere blitt undersøkt hvordan en totalstasjon kan implementeres på prosjektnivå og bli et nytt verktøy for arbeiderne i produksjonen. Beyer & Holtzblatt (u.d.) beskriver at når et nytt system skal utvikles og tilpasses brukerne, er det viktig og definere og detaljere systemets funksjoner og samtidig tilpasse prosessene til brukerne av systemet. Det samme vil være gjeldene når dette prosjektet skal undersøke hvordan en totalstasjon kan implementeres som et nytt verktøy i produksjonen.

I forbindelse med implementeringen av totalstasjonen som et nytt verktøy, vil det det bli nødvendig å gjøre endringer ved noen av dagens arbeidsprosesser på byggeplassen. Eksempelvis kan ett av bruksområdene til totalstasjonen være utmåling og plassering av bygningskomponenter på byggeplassen. En prosess som i dag gjennomføres av arbeiderne ved hjelp av bygningsakser og arbeidstegninger. For å synliggjøre endringene i denne arbeidsprosessen ved bruk av en totalstasjon, ble det utformet to figurer. Figur 5.1 illustrerer den tradisjonelle arbeidsprosessen for plassering av bygningskomponenter ved hjelp av bygningsakser og målebånd, mens Figur 5.2 illustrerer arbeidsprosessen for utmåling og plassering av bygningskomponenter ved hjelp av totalstasjonen.



Figur 5.1 Arbeidsflyt for plassering av komponenter på byggeplass ved tradisjonell metode



Figur 5.2 Arbeidsflyt for plassering av komponenter på byggeplass ved bruk av totalstasjon

Arbeidsflyten illustrert i Figur 5.1 beskriver den tradisjonelle arbeidsflyten for plassering av bygningskomponenter på byggeplassen. Denne prosessen starter ved at tegninger genereres fra en bygningsmodell. Disse tegningene vil så brukes av landmåler som grunnlag for etablering av stikningsdata som skal brukes til plassering av bygningsaksene. Videre bruker landmåleren en totalstasjon for å bestemme plasseringen til bygningsaksene på byggeplassen. Når landmåleren har gjort sin del av jobben med plassering av bygningsaksene, vil arbeiderne benytte seg av arbeidstegninger hvor bygningskomponenter er målsatt med avstander fra disse bygningsaksene. Deretter vil arbeiderne ved hjelp av målebånd eller tommestokker plassere bygningskomponenter basert på bygningsaksene og målsetningene beskrevet i arbeidstegningene. Når arbeiderne har plassert komponentene vil byggingen starte.

På den andre siden illustrerer Figur 5.2 arbeidsflyten for plassering av bygningskomponenter ved hjelp av en totalstasjon og BIM som stikningsdata. De største forskjellene mellom den tradisjonelle og den nye metoden vil først og fremst være at det er langt mindre behov for forberedelse av data, ettersom utstyret vil benytte bygningsmodeller som stikningsdata og grunnlag for plassering av komponenter på byggeplassen. I forbindelse med forberedelser vil det kun være å kontrollere at den siste revisjonen av BIM er lastet inn på totalstasjonens kontroller, på samme måte som arbeiderne ved bruk av arbeidstegninger vil kontrollere at de bruker den siste revisjonen. I tillegg vil det også være en større endring knyttet til plassering av bygningskomponentene, ettersom totalstasjonen vil gjøre dette gjennom utstikning. Dette vil gi et mindre behov for bygningsakser på byggeplassen. For mer informasjon omkring BIM, totalstasjon og totalstasjonens programvare se henholdsvis avsnitt 6.1, 6.2 og 6.3.1.

6. Teoretisk og teknologisk grunnlag

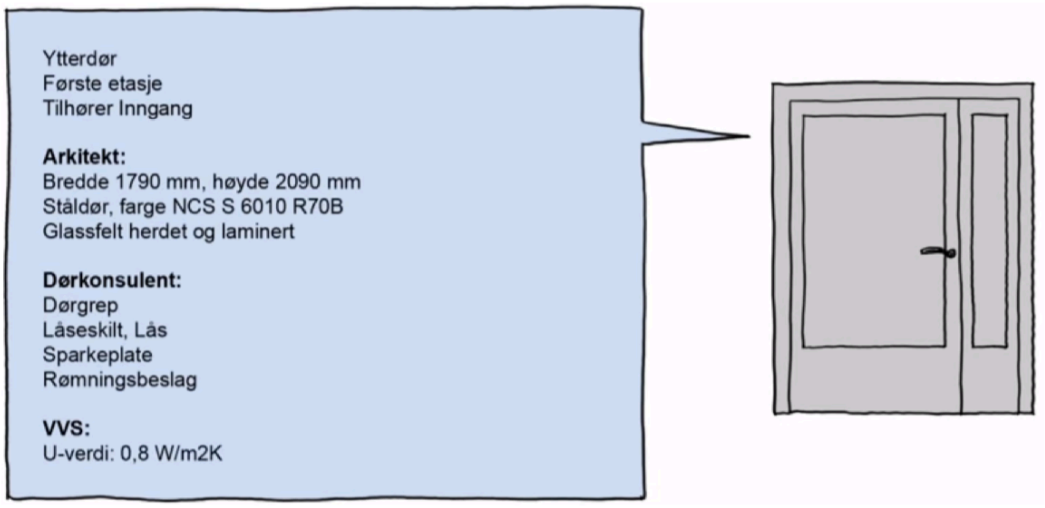
Dette kapittelet vil ha som formål å undersøke det teoretiske og teknologiske grunnlaget tilknyttet prosjektets problemstilling. Kapittelet vil derfor inneholde teori og annen informasjon tilknyttet BIM, landmåling og programvare benyttet gjennom dette prosjektet.

6.1. BIM

BIM er som beskrevet i kapittel 3 en forkortelse for bygningsinformasjonsmodellering og bygningsinformasjonsmodell, som henholdsvis refererer til prosessen i å utvikle modellen og selve produktet fra denne prosessen (Eastman, et al., 2011).

Prosess: Bygningsinformasjonsmodellering
Produkt: Bygningsinformasjonsmodell

I dagens byggebransje kan BIM betraktes som en fremtredende teknologi som de siste årene har påvirket og formet måten byggebransjen opererer på (Azhar, 2011). Det som skiller en bygningsinformasjonsmodell fra andre digitale modeller er informasjonen som er tilknyttet alle objektene i modellen (Eastman, et al., 2011). Det vil si at brukeren av en BIM programvare kan hente ut informasjon tilknyttet objektene i bygningsmodellen. Dersom brukeren eksempelvis ønsker å hente ut informasjon om en dør, kan brukeren enkelt hente ut denne informasjon fra BIM programvaren. Hvor mye informasjon som er tilgjengelig for hvert av elementene i bygningsmodellen kan variere på bakgrunn av hva slags informasjon utvikleren av modellkomponenten har knyttet til den enkelte komponenten. Figur 6.1 illustrerer hvilke parametere som kan være tilknyttet en dør i en bygningsmodell.



Figur 6.1 En dør med tilknyttede parametere (BuildingSMART Norge, 2017a)

Siden BIM ble introdusert i byggebransjen har teknologien fått flere bruksområder. BIM kan brukes i hele livssyklusen til et byggeprosjekt, og brukes av alt fra bygningseiere, utbyggere, konsulenter og arkitekter, i tillegg til entreprenører (Eastman, et al., 2011). Azhar (2011) beskriver at ved å ta i bruk BIM-teknologi, er det mulig å konstruere en nøyaktig digital modell av bygge- og anleggskonstruksjoner. Dette medfører eksempelvis at arkitekter kan ta i bruk teknologien for å

presentere byggherrer eller utbyggere livsnære digitale presentasjoner av et byggs design, på et tidlig stadium i byggeprosjekts livssyklus. I tillegg til arkitekter, kan også BIM bli brukt av ingeniører som prosjekterer et byggs tekniske installasjoner. Ved å ta i bruk BIM ved prosjekteringen av tekniske installasjoner, lar teknologien de prosjekterende gjennomføre ytelsesanalyser av det tekniske anlegget, i tillegg til å gjennomføre kollisjonskontroller mot andre fag og disipliner involvert i byggeprosjektet (Eastman, et al., 2011). BIM er også en teknologi som er blitt utbredt blant entreprenører. I tillegg til å visualisere og gi informasjon omkring komponenter i modellen, er det mulig å hente ut mengder fra komponentene i bygningsmodellen. Eastman, et al. (2011) påpeker at enkelte programvarer lar brukerne legge til enheter som tid og kostnad i modellen og bygningsmodellens objekter. Dette gjør det mulig å gjennomføre kostnadsestimering direkte i bygningsmodellen. Det betyr at når noe endres i modellen, vil materialmengder samtidig endres automatisk. Ved å legge til enheten tid i modellen, blir det en 4D-BIM, mens ved å legge til enheten kostnad, blir det en 5D-BIM. Ved å kombinere disse faktorene vil det være mulig å spore prosjektets fremdrift sammen med prosjektets estimerte kostnader (Eastman, et al., 2011).

6.1.1. BIM i bygge- og anleggsprosjekter

I alle byggeprosjekt vil det være uheldige overlapper og mangler som kan føre til merarbeid. Fischer, et al. (2017) beskriver at et klassisk eksempel på en slik hendelse kan være merarbeid relatert til en overlapp ved prosjekteringen av et byggs tekniske anlegg og utarbeidelse av arbeidstegninger. En slik overlapp vil føre til at arbeidstegningene først kan utarbeides når det tekniske anlegget er ferdig prosjektert og fastsatt. Videre beskriver Fischer, et al. (2017) at en BIM gjennomføringsplan vil kunne bidra til å redusere antallet av denne typen uheldige hendelser i prosjekteringsfasen. Denne gjennomføringsplanen vil være et verktøy som bidrar til å redusere sløsing ved å sette krav og skape klarhet omkring rollene til de involverte parter i prosjektet og deres leveranser i prosjekteringsfasen.

En slik gjennomføringsplan burde beskrive hvilke ambisjoner og mål prosjektet har for bruk av BIM (Fischer, et al., 2017). Disse bruksområdene kan blant annet bestå av å bruke bygningsmodellen i forbindelse med kostnadsestimering, fremdriftsplanlegging, kollisjonskontroll eller som produksjonsunderlag. Hvert av disse bruksområdene vil kreve at modeller er modellert til et bestemt detaljnivå. En modell som skal brukes til en overordnet fremdriftsplan vil ikke trenge et like høyt detaljnivå som en modell som skal brukes til kostnadsestimering. Dette er fordi at prisen på forskjellige dører vil variere basert på parametre som material og u-verdi, mens monteringstiden vil være den samme og uavhengig av material og u-verdi. Basert på dette påpeker Fischer, et al. (2017) at en BIM gjennomføringsplan burde beskrive hvilket detaljnivå bygningsmodellen skal ha ved leveringen, i tillegg til når modellene skal leveres.

Krav til modeller

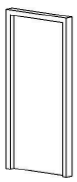
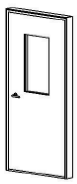
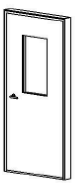
Bygnignsmodeller vil ha forskjellige bruksområder gjennom hele prosjektforløpet, noe som betyr at detaljnivået på bygningsmodell variere i tråd med hva bygningsmodellen skal brukes til og i hvilken fase den skal brukes (Eastman, et al., 2011). Videre påpeker Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg (2018) at nye krav til bruk av bygningsmodeller i bygge- og anleggsprosjekter, medfører nye krav til prosjektering og samhandling.

I takt med utviklingen bygningsmodeller og dens tilhørende informasjon, beskriver Digital Konvergens (2018) at det vil bli et behov for å kunne beskrive modellens innhold gjennom utviklingsprosessen på

entydig måte. For å beskrive en bygningsmodellen sin utvikling beskriver Bolpagni & Ciribini (2016) at det er forskjellige måter å gjøre det på, ettersom forskjellige organisasjoner har utviklet sine egne indekser for å beskrive en modell sitt utviklingsnivå. I den sammenheng viser Bolpagni & Ciribini (2016) til den mye brukte indeksen LOD, som brukes for å beskrive en bygningsmodell sitt utviklingsnivå. Denne indeksen har fått forskjellige betydninger som eksempelvis «Level Of Development» og «Level Of Detail».

Bolpagni & Ciribini (2016) beskriver at LOD ikke alene kan brukes til å beskrive en modell sitt utviklingsnivå, utviklingsnivået vil derfor beskrives ved hjelp av en tilknyttet tallverdi, eksempelvis vil LOD200 beskrive at en bygningsmodell er utviklet til et bestemt nivå. På samme måten som at LOD har flere forskjellige betydninger, finnes heller ikke en bestemt måte å bruke tallverdier for å beskrive utviklingsnivået. Enkelte indekser benytter en tallskala fra 0 til 6 eller fra 100 til 500, mens andre eksempelvis benytter seg av en bokstavskala fra A til E.

I en annen artikkel omtaler Bolpagni (2016) LOX som en felles generisk betegnelse for alle de forskjellige måtene å beskrive en modells eller bygningskomponents utviklingsnivå på. Figur 6.2 illustrerer Digital Konvergens (2018) sin måte og beskrives utviklingsnivået eller Level Of Development for en dør i en bygningsmodell.

LOD 200 DK Informationsniveau 3	LOD 300 DK Informationsniveau 4	LOD 325 DK Informationsniveau 5	LOD 400 DK Informationsniveau 6
LOR 200	**LOR 300**	**LOR 325**	**LOR 400**
FORVENTET Døre defineres på forventet niveau for geometri, placering og tilhørende egenskabsdata.	FASTLAGT Døre defineres på fastlagt niveau for geometri, placering og tilhørende egenskabsdata.	ENDELIG Døre defineres på endeligt niveau for geometri, placering og tilhørende egenskabsdata.	ENDELIG DETALJERET Døre defineres på endelig detaljeret niveau for geometri, placering og tilhørende egenskabsdata i henhold til faktiske produktvalg.
LOG 200	**LOG 300**	**LOG 325**	**LOG 400**
GENERISK NIVEAU Døre modelleres i hulmål opdelt på overordnede typer.	TYPE-NIVEAU  Døre modelleres i hulmål med karm og dørplade opdelt på typer.	DETALJERET TYPE-NIVEAU  Døre modelleres i hulmål med karm og dørplade opdelt på typer. Dørplade modelleres med feltinddelinger.	PRODUKTIONS-NIVEAU  Døre modelleres i hulmål med karm og dørplade opdelt på typer. Dørplade modelleres med feltinddelinger.
LOI 200	**LOI 300**	**LOI 325**	**LOI 400**
TILHØRENDE EGENSKABSDATA Typenavn Bredde: Hulmål Højde: Hulmål	TILHØRENDE EGENSKABSDATA Typenavn Bredde: Hulmål Højde: Hulmål	TILHØRENDE EGENSKABSDATA Typenavn Bredde: Hulmål Højde: Hulmål Placering: Etage Flugtvej Beslagsæt Opbygning	TILHØRENDE EGENSKABSDATA Typenavn Bredde: Hulmål Højde: Hulmål Placering: Etage Flugtvej Beslagsæt Opbygning
Ydelsesbeskrivelse fra Danske ARK og FRI Ovenstående leverancekrav skal ses i relation med ydelser tilvalgt i Ydelsesbeskrivelsen for Byggeri og Landskab 2018 (YBL 2018). Ved tilvalg af både ydelsen 9.4 Digital projektering i YBL 2018 samt ovenstående LOD DK niveauer er både LOR, LOG og LOI niveauer obligatoriske for hver bygningsdel. Der henvises i øvrigt til vejledningen for denne publikation.			**Produktion** Ovenstående leverancekrav skal ses i relation med ydelser i forbindelse med entreprenør- og leverandørprojektering.

Figur 6.2 Eksempel på Level Of Development klassifisering for en dør fra Digital Konvergens (2018)

Fra Figur 6.2 kan vi se Digital konvergens (2018) sin metode for å beskrive modell detaljeringsnivå, ved hjelp av LOD, videre beskriver dem at deres definisjon for LOD er Level of Development. Denne indeksen kan brukes for å beskrive tydelig hvilken informasjon som skal være tilgjengelig i bygningsmodellen, ved bestemte tidspunkt. Videre illustrerer figuren at deres fortolkning av LOD består av tre andre indekser LOR, LOG og LOI, som relaterer til spesifikke krav ved modellens reliabilitet, geometri og informasjon. Ved at LOD består at tre andre faktorer, er det mulig å stille krav om at enkelte deler av en objektene i modellen skal ha et annet utviklingsnivå en andre. Eksempelvis kan det stilles krav om at modellobjekters geometri skal være fastsatt, før det endelige produktet er valgt.

Modell Modenhets Indeks - MMI

På sammen måte som at enkelte organisasjoner benytter LOD for å beskrive en bygningsmodells utviklingsnivå, valgte Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg (EBA) (2018) å skape sin egen indeks. Denne indeksen har til hensikt å beskrive en modells utviklingsgrad på samme måte som LOD, og har fått navnet Modell Modenhets Indeks (MMI). Denne indeksen kan benyttes for å beskrive modenhetsgraden til objektene i modellen ved hjelp av tallkoder. Ved å ta i bruk en slik indeks i prosjekteringsfasen, kan indeksen fungere som en fast bestemt metodikk for kommunikasjon og styring av prosjekteringsforløpet. Under vil det følge en gjengivelse av MMI basert på EBA sin beskrivelse av de forskjellige modenhetsgradene i indeksen (2018).

MMI 100: Modellen kan ved denne modenhetsgraden anses som et skisseforslag. Det betyr at det kan finnes flere designutkast, og store endringer i design kan skje i løpet av kort tid.

MMI 200: Modellen kan ved denne modenhetsgraden anses som et ferdig konsept. Løsninger og konsept har siden MMI 100 blitt fastsatt. Herfra medregnes det at det ikke kommer større endringer i konsepter som påvirker andre fag.

MMI 300: Modellen kan ved denne modenhetsgraden anses som klar for tverrfagligkontroll. Forskjellige disipliner og fag har ved dette stadiet prosjektert ferdig egne konsepter. Neste steg for modellen vil være og gjennomgå en tverrfaglig kontroll, hvor de forskjellige fagdisipliner kontrolleres opp mot hverandre.

MMI 350: Modellen kan ved denne modenhetsgraden anses som ferdig koordinert mot tverrfaglige objekter.

MMI 400: Modellen kan ved denne modenhetsgraden anses som produksjonsunderlag. Modellen skal ved dette stadiet være kontrollert og godkjent for bygging.

MMI 500: Modellen kan ved denne modenhetsgraden anses som en «som bygget» modell. Ved dette stadiet kan modellen brukes i drift- og vedlikeholdsfasen til eksempelvis en bygning.

Interoperabilitet

I tillegg til å definere kravene til BIM-leveranser, beskriver Fischer, et al. (2017) at BIM gjennomføringsplanen burde beskrive og stille krav til hvordan informasjon skal utveksles gjennom bygningsmodeller og samtidig sørge for interoperabilitet. Interoperabilitet er muligheten til å utveksle data mellom forskjellige applikasjonen (Eastman, et al., 2011). Interoperabilitet har tradisjonelt sett

basert seg på filformater som er begrenset til geometri, som eksempelvis DXF (Drawing eXchange Format) (Eastman, et al., 2011). Mot slutten av 1980-tallet ble *datamodeller* utviklet av ISO-STEP (International Standard Organisation - Standard for Exchange and Product Model Data) for å støtte utveksling av *produkt*- og *objektmodeller*. Disse forskjellige datamodellene skiller mellom skjemaene som benyttes for å organisere og inneholde data.

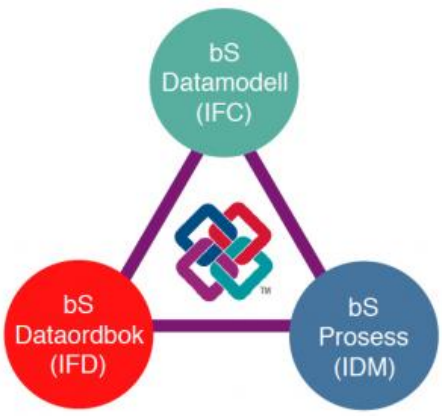
I forbindelse med interoperabilitet beskriver BuildingSMART Norge (2017a) at ÅpenBIM vil være nøkkelen til bedre samhandling både før, under og etter byggeprosessen. De siste årene har BuildingSMART sin åpne standard Industrial Foundation Classes (IFC), blitt en kjent plattform i forbindelse med interoperabilitet i byggebransjen, se avsnitt 6.1.2 for mer om ÅpenBIM og IFC.

6.1.2. ÅpenBIM

Bak konseptet ÅpenBIM står den internasjonale organisasjonen BuildingSMART International (u.d.). De beskriver på deres nettsider at fokuset er å standardisere prosesser, arbeidsflyt og prosedyrer tilknyttet bruken av BIM. BuildingSMART var opprinnelig en allianse av private aktører i byggebransjen, hvor formålet var å bevise fordeler tilknyttet interoperabilitet mellom programvarebruk i byggeindustrien. Siden den tid har den private alliansen utviklet seg til å bli en internasjonal non-profit organisasjon med mål om å skape internasjonale standarder for utveksling av BIM.

BuildingSMART Norge (2017a) hevder at dagens byggeprosjekter blir større, samt at de får et større digitalt preg. Dette kan by på problemer i forbindelse med datautveksling mellom de forskjellige aktørene involvert i et bytteprosjekt. ÅpenBIM ble derfor innført for å håndtere disse utfordringene. Ved å benytte ÅpenBIM som datautvekslingsformat vil denne modellen være tilgjengelig og lesbar for alle de involverte aktørene på tvers av programvare og plattform.

Industrial Foundation Class (kjent som IFC) var BuildingSMART International sin første standard for deling og utveksling av BIM-data på tvers av programvarene. IFC er under konstant utvikling for å tjene aktørene i bygge- og anleggsbransjen best mulig. I tillegg utvikles andre standarder for byggeindustrien, slik som Building Collaboration Format som lar aktørene kommunisere beskjeder om eksempelvis kollisjoner objektbasert. ÅpenBIM består av tre element; datamodell (IFC), dataordbok (IFD) og prosess (IDM) (BuildingSMART Norge, 2014). Figur 6.3 illustrerer hvordan de tre elementene er koblet sammen for å skape en ÅpenBIM. I de følgende avsnitt vil de tre elementene forklares grundigere.

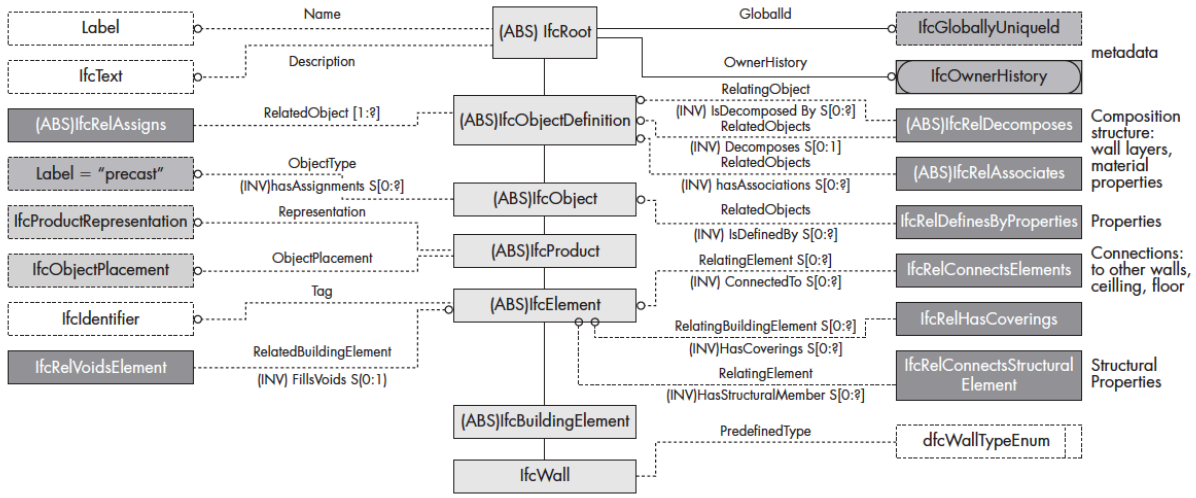


Figur 6.3 ÅpenBIM (BuildingSMART Norge, 2014)

IFC – Industrial Foundation Classes – BuildingSMART datamodell

Industry Foundation Classes (IFC) er en datamodell utviklet av ISO-STEP for å definere et utvidbart konsistent sett med datarepresentasjoner av bygningsinformasjon for datautveksling mellom BIM-programvarer (Eastman, et al., 2011). IFC ble utviklet for å være en nøytral produktdatamodell tilpasset bygge-, anleggs- og eiendomsnæringen som støtter hele livssyklusen til bygninger og konstruksjoner. Filformatet bygger på ISO-STEP språket EXPRESS, og kan beskrives som en av de viktigste datamodellene som brukes til datautveksling i byggebransjen.

IFC-datamodellen er bygget opp med en hierarkistruktur og består av et bibliotek som inneholder objekt- og egenskapsdefinisjoner (Eastman, et al., 2011). Ettersom designet til datamodellen er objektorientert, betyr det at den tillater komplekse relasjoner mellom objektene i modellen. Disse objektene kan eksempelvis være dører, vinduer og vegger. Når objekter opprettes i IFC datamodellen sørger hierarkiet for at det dannes undergrupper som arver egenskaper fra dens foreldre (Eastman, et al., 2011). Hierarkiet i datamodellen vil også bidra til å tilføye egenskaper som gjør det mulig å skille enkeltobjekt fra søskenobjekt, eksempelvis vinduer med forskjellig størrelse. Figur 6.4 illustrerer IFC-strukturen og forskjellige parametere som definerer en bestemt vegg i bygningsmodellen.



Figur 6.4 IFC struktur for definisjon av vegg (Eastman, et al., 2011)

På grunn av hierarkistrukturen vil objektet (for eksempel en vegg som i Figur 6.4) få tilegnet nye attributter på hvert nivå (Eastman, et al., 2011). Under vil en beskrivelse av de forskjellige nivåene i hierarkiet beskrives basert på Eastman, et al. (2011).

IfcRoot: Definerer en Global-ID og annen informasjon som skal brukes for å administrere objektet i datamodellen.

IfcObjectDefinition: Plasserer veggen i korrekt bygningsetasje, i tillegg til å identifisere objekt tilknyttet veggen, slik som vindu, dører eller tilsvarende.

IfcObject: Definerer linker til veggens parametre basert på hvilken veggtype det er.

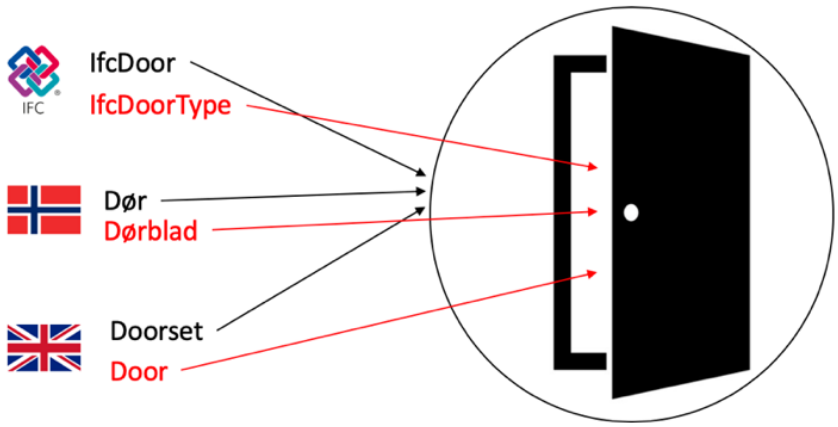
IfcProduct: Definerer veggens plassering og dens form.

IfcElement: Beskriver elementets relasjon med andre elementer, slik som vinduer eller dører.

IfcBuildingElement: Beskriver hva objektet er. I dette tilfellet en vegg.

IFD – International framework for dictionaries – BuildingSMART dataordbok

I forbindelse med innføring av internasjonale standarder for bygningsmodeller oppstod det utfordringer knyttet til navngiving av objekter og objektenes egenskaper på tvers av språkene (Eastman, et al., 2011). Der det eksempelvis heter dør på norsk, vil det hete door på engelsk. BuildingSMART Norge (2017b) beskriver at en dataordbok vil skape en standard som hjelper datamaskiner til å forstå hverandre på tvers av språkene. BuildingSMART Dataordbok kan benyttes for å skape felles terminologi ved bruk av ÅpenBIM, noe som betyr at alle modeller kan tolkes på samme måte på tvers av programvare, plattform og språk. Dataordbøkene til alle BuildingSMART sine medlemsland er synkronisert mot hverandre, noe som betyr at informasjon vil oversettes automatisk for å hindre tap av data og informasjon (BuildingSMART Norge, 2017b). Figur 6.5 illustrerer en IfcDoor som er navngitt ved hjelp av BuildingSMART dataordbok. Her kan dataordboken bidra til å skape forståelse for bygningsmodellens objekter på tvers av språkene.



Figur 6.5 IfcDoor, navngitt ved hjelp av BuildingSMART dataordbok (BuildingSMART, u.d.)

IDM – International Delivery Manual – BuildingSMART prosess

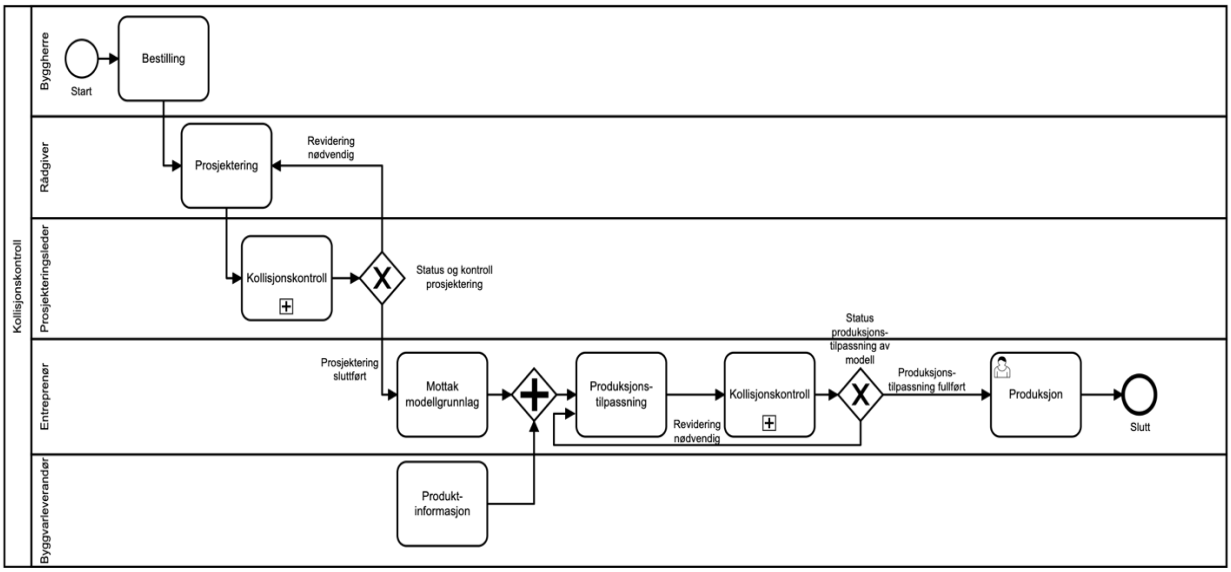
BuildingSMART prosessen er en standardisert prosess som spesifiserer og beskriver krav til leveranser, aktører og prosedyrer i prosjektet. Denne beskrivelsen ansees som viktig for at alle fag tilknyttet et prosjekt skal jobbe effektivt sammen (BuildingSMART Norge, 2016). BuildingSMART prosessen består av tre deler. Disse vil presenteres basert på BuildingSMART Norge (2016) sin beskrivelse.

Prosessbeskrivelse Prosessbeskrivelsen inneholder en oversikt som skal beskrive formål og avgrensning for hvordan BIM skal benyttes for å skape verdi, samt beskrive hvordan involverte aktører blir berørt.

Prosesskart Prosesskartet består av et grafisk prosesskart og detaljert prosessbeskrivelse som begrenser seg til de aktiviteter som er relevante for BIM.

Datautvekslingskrav Et av formålene med prosesskartleggingen er å beskrive og synliggjøre hvordan informasjon skal utveksles mellom involverte parter gjennom hele prosessen. Det stilles derfor datautvekslingskrav.

Den grafiske delen av prosesskartet fremstilles ofte gjennom Business Process Model and Notation (BPMN) (BuildingSMART Norge, 2016). Eastman, et al. (2011) beskriver at hensikten med BPMN er å gi en bedre forståelse av prosesser ved å beskrive dem gjennom en grafisk fremstilling. Figur 6.6 viser et eksempel på en BPMN som beskriver prosessen for kollisjonskontroller av bygningsmodeller.



Figur 6.6 BPMN for kollisjonskontroll av BIM, adoptert fra (BuildingSMART Norge, 2016) se appendiks A-9 for stor figur.

MVD – Model View Definition

MVD benyttes for å oversette prosesser til tekniske krav, hvor hensikten er å forbedre arbeidsflyten ved å legge til rette for import og eksport av informasjon (BuildingSMART International, u.d.). MVD kan brukes både ved import og eksport, hvor importøren vil vite hva som kan forventes, mens eksportøren vil vite hva som kreves (Eastman, et al., 2011). MVD er en metode brukt for å definere utvekslingskrav tilknyttet IDM.

6.2. Totalstasjon

Dette prosjektet har som formål å undersøke hvordan en totalstasjon kan implementeres som et bindeledd mellom BIM og byggeplass (se kapittel 4). Dette avsnittet vil derfor beskrive hva en totalstasjon er, i tillegg til hvordan den brukes.

Totalstasjon er et verktøy som ofte benyttes av landmålere. Faget landmåling er en fellesbetegnelse for arbeid som har som formål å lage kart eller profil av et område på jordens overflate, i tillegg til stikking og avsetting av linjer og vinkler i marken (Store Norske Leksikon, 2009). Figur 6.7. illustrerer en robotisert totalstasjon.

Figur 6.7. Totalstasjon oppstilt på byggeplass

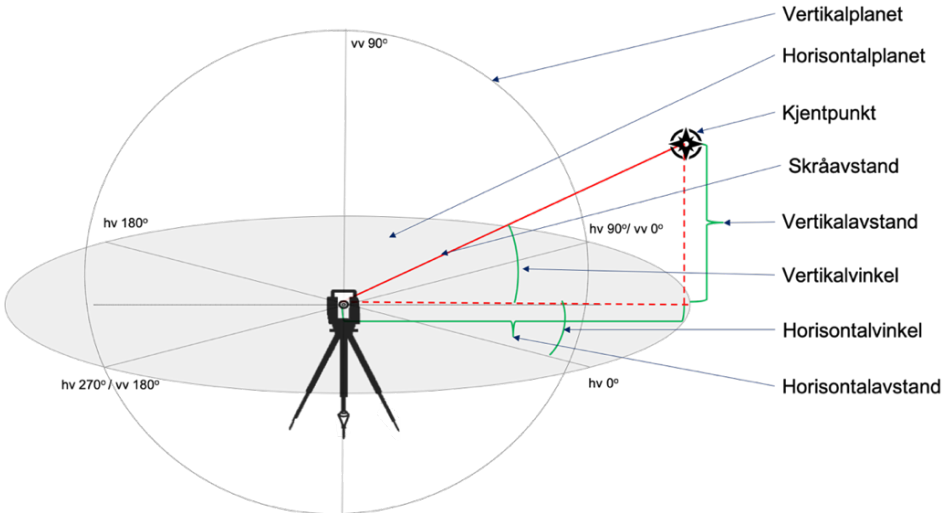
Skogseth & Norberg (2014) definerer en totalstasjon som en moderne elektronisk teodolitt med innebygget avstandsmåling. Feilkilden for avstandsmåling for vanlige totalstasjoner er 2 millimeter + 2ppm. Det betyr at ved en avstandsmåling på 1 kilometer vil feilkilden være 2 millimeter + 2 millimeter pr. kilometer. Den totale feilkilden for en avstandsmåling på 1 kilometer, vil da være 4 millimeter (Skogseth & Norberg, 2014).

Totalstasjonen fungerer ved at den måler og registrerer vinkler og avstander (Skogseth & Norberg, 2014). Ved hjelp av vertikal- og horisontalvinkler og avstander kan totalstasjonen på egenhånd beregne ut plassering i koordinatsystemet, basert på målinger til kjente punkt. Totalstasjonen måler avstander ved at den sender ut lyssignaler til en reflektor eller et prisme, og måler tiden det tar til lyssignalet har returnert til instrumentet. I tillegg har også enkelte totalstasjoner muligheten til å måle avstander uten prismer eller reflektorer. Figur 6.8 illustrerer noen av de ulike formene for reflektorer og prismer som kan benyttes ved måling av totalstasjonen.

Figur 6.8 Forskjellige prismer og reflektorer (Leica Geosystems, u.d.)

For at totalstasjonen skal kunne bestemme sin plassering i koordinatsystemet må det måles inn retninger og avstander til kjente punkt, kalt fastmerker (Skogseth & Norberg, 2014). Figur 6.9 illustrerer hvordan totalstasjonen måler vinkler og avstander for å definere sin egen posisjon. Når kikkerten måler inn et punkt, vil den måle inn skråavstanden som er den virkelige avstanden mellom totalstasjonen og punktet den måler mot. Ved hjelp av vertikalvinkelen i vertikalplanet, kan totalstasjonen beregne vertikal- og horisontalavstand mellom totalstasjonen og punktet den måler inn, og på denne måten bestemme høyden til totalstasjonen.

For å beregne totalstasjonens plassering i koordinatsystemet må totalstasjonen måle inn og registrere avstander og vinkler til minimum to eller flere kjente punkt. Kjentpunktetene er definert på forhånd med bestemte X-, Y-, og Z-koordinater. Når totalstasjonen har målt inn minst to av de punktene, vil den bruke vinkler i horisontalplanet til å beregne vinkelavstander mellom punktene, fra hvor den kan bestemme sin plassering i koordinatsystemet (Skogseth & Norberg, 2014).



Figur 6.9 Geo-referering av totalstasjon basert på (Skogseth & Norberg, 2014).

Fra den kjente plasseringen i koordinatsystemet kan totalstasjonen brukes til innmåling og utmåling. Forskjellen på innmålinger og utmålinger, er at det gjennom innmåling samles inn data, mens gjennom utmåling brukes totalstasjonen til å plassere ut definerte forhåndsdefinerte punkt i terrenget eller på byggeplassen (Skogseth & Norberg, 2014).

Totalstasjoner har mulighet til å lagre og prosessere data direkte i instrumentet (Skogseth & Norberg, 2014). Det betyr at menneskelige avlesnings- og skrivefeil vil elimineres, og data kan overføres digitalt ved hjelp av minnekort eller skyløsninger. Totalstasjoner er også utstyrt med servostyring, som gjør at totalstasjonen kan gjennomføre et prismesøk. Dette gjør at den på egenhånd kan sikte seg inn mot

sentrum av en reflektor eller et prisme. Kombinasjonen av fjernstyring og automatisk servostyring har ført til at totalstasjoner kan betjenes av én person, fra hvor det har fått navnet robotiserte totalstasjoner. Kang, et al. (2012) hevder at fordelen med å bruke en robotisert totalstasjon er at den selv vil kunne spore opp og følge prismet, samtidig som den kontinuerlig holder brukeren oppdatert på prismets posisjon gjennom dens kontroller.

6.2.1. Landmåling i bygge- og anleggsprosjekter

Landmåling, og herunder stikking og utmåling, brukes mer og mer innenfor bygge- og anleggsbransjen. Landmåleren beskrives av Skogseth & Norberg (2014) til å være bindeleddet mellom prosjektering og bygging, hvor en av hovedoppgavene er å overføre informasjon fra en modell eller et kart til terrenget eller byggeplassen. I tillegg til å overføre denne informasjonen, må også landmåleren sørge for at dette blir gjort innenfor bestemte krav og toleranser. Toleranser beskrives som det maksimalt tillatte avviket mellom en faktisk målt verdi, og det som er prosjektert som den teoretiske verdi (Skogseth & Norberg, 2014).

Prosjektstikker

Tidligere måtte arbeiderne på byggeplassen bruke målebånd og bygningsakser for å plassere bygningskomponenter og overføre informasjon fra produksjonsunderlag til byggeplassen. Dette prosjektet vil derimot undersøke hvordan en totalstasjon kan benyttes for å overføre informasjon fra en bygningsmodell til arbeiderne. Dette prosjektet har derfor valgt å innføre tittelen prosjektstikker for personen som utfører denne arbeidsoppgaven, slik at det vil skapes et skille mellom prosjektstikker og profesjonelle landmålere.

I Norge stilles det spesielle krav til hvem som kan gjennomføre bestemte landmålings- og stikningsoppgaver (Direktoratet for Byggkavalitet, u.d.). Disse kravene relaterer seg til å fastsette et tiltak sin plassering på en situasjonsplan, i tillegg til å overføre tiltakets plassering fra situasjonsplanen til terreng gjennom utstikking. I forbindelse med at dette prosjektet vil undersøke hvordan en totalstasjon kan benyttes for å skape en sammenkobling mellom BIM og byggeplass, vil dette prosjektet ikke omfatte plassering av tiltak i terreng basert på situasjonsplaner. Undersøkelsene for dette prosjektet vil derimot foregå på allerede etablerte byggeplasser, som betyr at tiltaket er plassert i terrenget og på situasjonsplan av en sakkyndig profesjonell landmåler.

Det er den utførende innenfor eget ansvarsområde som er ansvarlig for kvalitetssikring av arbeid, og at det er utført i samsvar med produksjonsunderlaget (Direktoratet for Byggkavalitet, u.d.). Gjennom dette prosjektet vil derfor prosjektstikkeren være ansvarlig for å innfri kravene som settes til toleranser og utførelse. Eksempelvis vil prosjektstikkeren være ansvarlig for at betongkonstruksjoner plasseres og bygges innenfor fastsatte og bestemte toleranser. Mer om toleranser senere i dette delkapittelet. I forbindelse med undersøkelsene på byggeplassen, vil profesjonelle landmålere benyttes ved etablering av fastmerker. I tillegg vil de gjennomføre tredjepartskontroller av stikningsarbeidet som er utført av prosjektstikker.

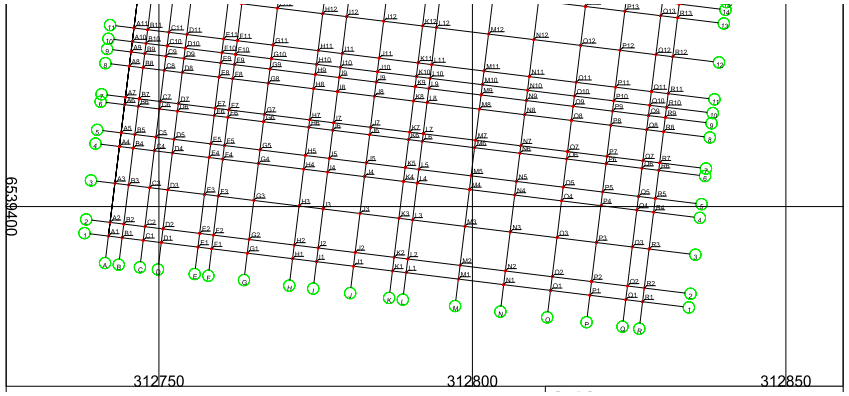
Koordinatsystem

Koordinater brukes til å stedfeste informasjon, også kalt georeferering (Skogseth & Norberg, 2014). Det finnes forskjellige måter å beskrive og oppgi koordinater. Eksempel på dette er geosentrisk

tredimensjonale koordinater som betegnes ved X, Y og Z. Denne typen koordinater er også kalt kartesiske koordinater. I tillegg finnes det geodetiske koordinater som benytter seg av lengde- og breddegrader, og rettvinklede koordinater som betegnes ved hjelp av N og E.

I bygge- og anleggsprosjekter brukes koordinater for å stedfeste plasseringen av bygninger og konstruksjoner, inkludert deres bygningskomponenter. Skogseth & Norberg (2014) skiller mellom globale og lokale koordinatsystem, hvor et globalt koordinatsystem kan beskrives som et koordinatsystem med ekte verdenskoordinater, mens et lokalt koordinatsystem, også kalt anleggsdatum, er opprettet for å gjelde innenfor et begrenset område, eksempelvis en byggeplass.

Fordelen med å bruke lokale koordinatsystem er å forenkle uttak av koordinater og lignende ettersom origo for det lokale koordinatsystemet ofte er på byggeplassen (Skogseth & Norberg, 2014). I det lokale koordinatsystemet kan koordinataksene være parallelle med bygningsaksene, som også vil benyttes i arbeidstegninger. Det lokale koordinatsystemet er fiktivt og etablert lokalt uten en bestemt sammenheng med verdenskoordinater. Figur 6.10 illustrerer et lokalt koordinatsystem opprettet innenfor et globalt koordinatsystem, hvor bygningsaksene fra figuren danner et lokalt koordinatsystem for et bygg.

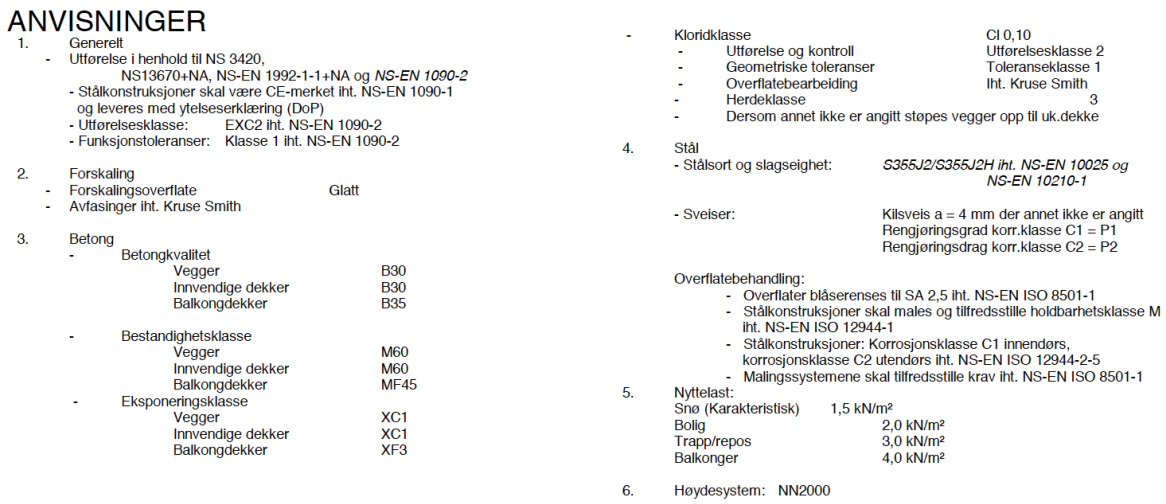


Figur 6.10 Lokalt og globalt koordinatsystem. Bygningsakser ved et boligprosjekt. Se bilag B-4 for full figur.

I byggeprosjekter blir det ofte benyttet lokale koordinatsystem, da denne typen prosjekt ofte har en liten geografisk avgrensing. For anleggsprosjekt derimot blir det ofte benyttet globale koordinatsystem, da denne typen prosjekter ofte omfatter prosjekter med større geografisk avgrensing, som for eksempel ved bygging av kilometervis med vei (Skogseth & Norberg, 2014).

Toleranser og krav til utførelse

I forbindelse med bygg- og bruprosjekter stilles det ofte strenge nøyaktighetskrav (Skogseth & Norberg, 2014). På denne typen prosjekter kan det forventes krav om toleranser på plassering av søylefundamenter, vegger og dekker fra 15 millimeter ned til 5 millimeter. I tillegg forventes det krav om toleranser på innstøpningsgods, slik som bolter som senere skal brukes til montasje av prefabrikkerte element, til å være ned til 2 millimeter (Skogseth & Norberg, 2014). Toleranser og krav for utsetting og oppmåling på byggeplass er beskrevet i standarder slik som Norsk Standard NS-3463. Krav til toleranser står vanligvis beskrevet på tegninger, prosjektets beskrivelse, kontrakt eller prosjektets kontrollplan. Figur 6.11 illustrerer et utklipp fra en arbeidstegning, hvor anvisningene viser til at utførelsen skal være i henhold til NS 3420, NS13670+NA, NS-EN 1992-1-1+NA og NS-EN 1090-2., For hele arbeidstegningen se bilag B-1.



ANVISNINGER

1. Generelt
   - Utførelse i henhold til NS 3420, NS13670+NA, NS-EN 1992-1-1+NA og *NS-EN 1090-2*
   - Stålkonstruksjoner skal være CE-merket iht. NS-EN 1090-1 og leveres med ytelseserklæring (DoP)
   - Utførelsesklasse: EXC2 iht. NS-EN 1090-2
   - Funksjonstoleranser: Klasse 1 iht. NS-EN 1090-2

2. Forskaling
   - Forskalingsoverflate: Glatt
   - Avfasinger iht. Kruse Smith

3. Betong
   - Betongkvalitet
     - Vegger: B30
     - Innvendige dekker: B30
     - Balkongdekker: B35
   - Bestandighetsklasse
     - Vegger: M60
     - Innvendige dekker: M60
     - Balkongdekker: MF45
   - Eksponeringsklasse
     - Vegger: XC1
     - Innvendige dekker: XC1
     - Balkongdekker: XF3
   - Kloridklasse: Cl 0,10
   - Utførelse og kontroll: Utførelsesklasse 2
   - Geometriske toleranser: Toleranseklasse 1
   - Overflatebearbeiding: Iht. Kruse Smith
   - Herdeklasse: 3
   - Dersom annet ikke er angitt støpes vegger opp til uk.dekke

4. Stål
   - Stålsort og slagseighet: *S355J2/S355J2H iht. NS-EN 10025 og NS-EN 10210-1*
   - Sveiser: Kilsveis a = 4 mm der annet ikke er angitt
     Rengjøringsgrad korr.klasse C1 = P1
     Rengjøringsdrag korr.klasse C2 = P2

   Overflatebehandling:
   - Overflater blåserenses til SA 2,5 iht. NS-EN ISO 8501-1
   - Stålkonstruksjoner skal males og tilfredsstille holdbarhetsklasse M iht. NS-EN ISO 12944-1
   - Stålkonstruksjoner: Korrosjonsklasse C1 innendørs, korrosjonsklasse C2 utendørs iht. NS-EN ISO 12944-2-5
   - Malingssystemene skal tilfredsstille krav iht. NS-EN ISO 8501-1

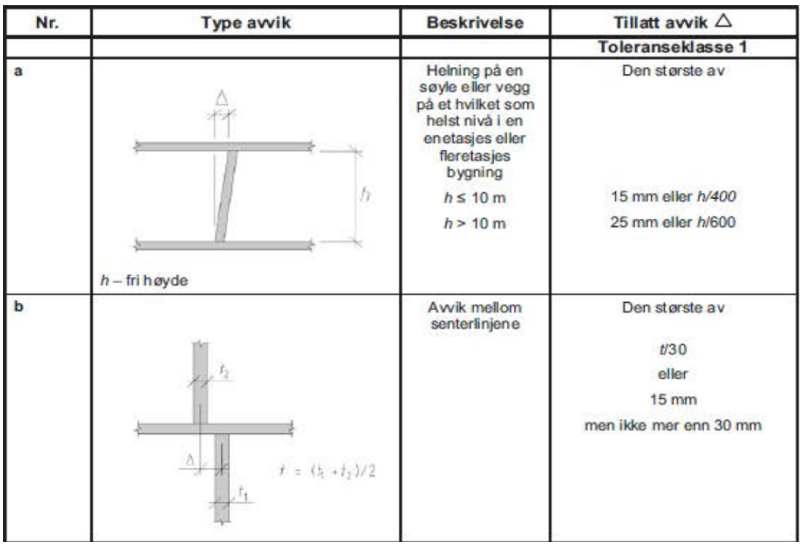
5. Nyttelast:
   - Snø (Karakteristisk): 1,5 kN/m²
   - Bolig: 2,0 kN/m²
   - Trapp/repos: 3,0 kN/m²
   - Balkonger: 4,0 kN/m²

6. Høydesystem: NN2000

Figur 6.11 Utklipp fra tegning B-20-01-02, se bilag B-1 for hele arbeidstegningen (Kruse Smith, u.d.).

Fra Figur 6.11 kan vi lese at utførelsen skal skje i henhold til en rekke forskjellige standarder, hvor det er standarden NS13670+NA – "utførelse av betongkonstruksjoner", som definerer utførelses- og toleranseklassen som skal benyttes ved bygging av betongkonstruksjoner. Ifølge Standard Norge (2010) definerer utførelsesklassene hvilken type kontroll som skal gjennomføres, hvem som skal gjennomføre den, hvilket omfang kontrollen skal ha, om det skal lages en kontrollrapport og om det er krav til kontroll av geometri mot produksjonsunderlag. Toleranseklassene derimot, definerer det maksimalt tillatte avviket mellom det som er utført og det som er prosjektert, hvor geometrien til konstruksjoner skal være innenfor de tillatte grenseverdiene. En overskridelse av disse toleransene kan føre til uheldige virkninger på konstruksjonens bæreevne, stabilitet og bruksegenskaper. I tillegg vil overholdelse av toleransene bidra til å skape montasjeforenlighet med andre bygningskomponenter.

Som Figur 6.11 illustrerer stilles det krav om at den geometriske toleransen for konstruksjonene tilknyttet denne tegningen, skal utføres i henhold til toleranseklasse 1. Figur 6.12 illustrerer tillatte konstruksjonsavvik for betongvegger hentet fra NS 13670 (Standard Norge, 2010).

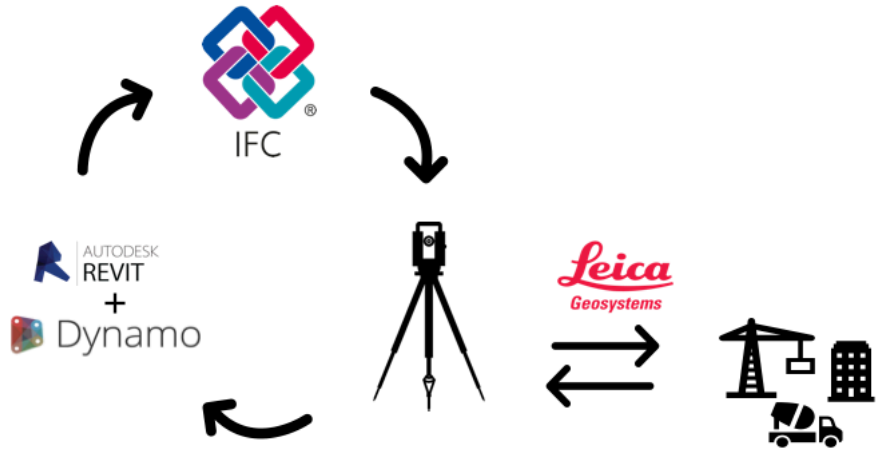


Nr.	Type avvik	Beskrivelse	Tillatt avvik △
			Toleranseklasse 1
a	*h* – fri høyde	Helning på en søyle eller vegg på et hvilket som helst nivå i en enetasjes eller fleretasjes bygning	Den største av *h* ≤ 10 m: 15 mm eller *h*/400 *h* > 10 m: 25 mm eller *h*/600
b		Avvik mellom senterlinjene	Den største av *t*/30 eller 15 mm men ikke mer enn 30 mm

Figur 6.12 Verdier for tillatte konstruksjonsavviks for betongvegger, hentet fra NS 13670 (Standard Norge, 2010)

6.3. Programvarer

Dette avsnittet vil fokusere på programvarene som blir benyttet i forbindelse med undersøkelser tilknyttet prosjektets problemstilling. Avsnittet vil derfor gi en kort beskrivelse av de aktuelle programmenes hovedfunksjoner, i tillegg til programvarenes spesifikke bruk for prosjektet. Avslutningsvis vil det gjennom et praktisk eksempel i avsnitt 6.3.5 bli illustrert hvordan programvarene benyttes i tilknytning til BIM feedbackloopen nevnt i avsnitt 3.3.2. Figur 6.13 illustrerer prosessen i en BIM feedbackloopen, og programvarene benyttet for å skape denne loopen.



Figur 6.13 BIM feedbackloop med tilknyttede programvare (Flataker, 2019)

6.3.1. Leica iCON Build

Leica iCON Build tilbyr løsninger spesialtilpasset bygge- og anleggsprosjekter, og er programvaren som brukes av kontrolleren til totalstasjonen. I tillegg til å ha en innovativ og brukervennlig utforming som skal være lett å bruke, bidrar den til økt produktivitet på byggeplassen (Leica Geosystems, u.d.). Ved å ta i bruk Leica iCON Build sammen med en robotisert totalstasjon, kan utstikning gjøres til en enmannsjobb (Leica Geosystems, u.d.).

Programvaren tilbyr muligheter for å gjennomføre objektbasert utstikking, noe som betyr at stikningsdata kan hentes direkte fra bygningsmodeller gjennom det velkjente datautvekslingsformatet IFC (Leica Geosystems, u.d.). IFC som stikningsdata kan gi flere fordeler, ettersom det blant annet krever minimalt med forarbeid før utstikningsprosessen starter. Samtidig er IFC et av de mest utbredte datautvekslingsformatene, og er mye brukt i bygge- og anleggsprosjekt. Figur 6.14 illustrerer hvordan Leica iCON Build kan benytte bygningsmodeller som stikingsdata ved at programvaren definerer punkt og linjer fra geometrien til et valgt objekt i modellen. Figuren illustrerer at det er en vegg som er valgt og det er den blå linjen i bunnen av veggen som er valgt som utstikningslinje. Totalstasjonen ble benyttet for å kontrollere plasseringen av betongvegger på byggeplassen mot den teoretiske bygningsmodellen. Fra figuren ser vi at overflaten på betongveggen på byggeplassen avviker med to millimeter fra den teoretiske modellen.

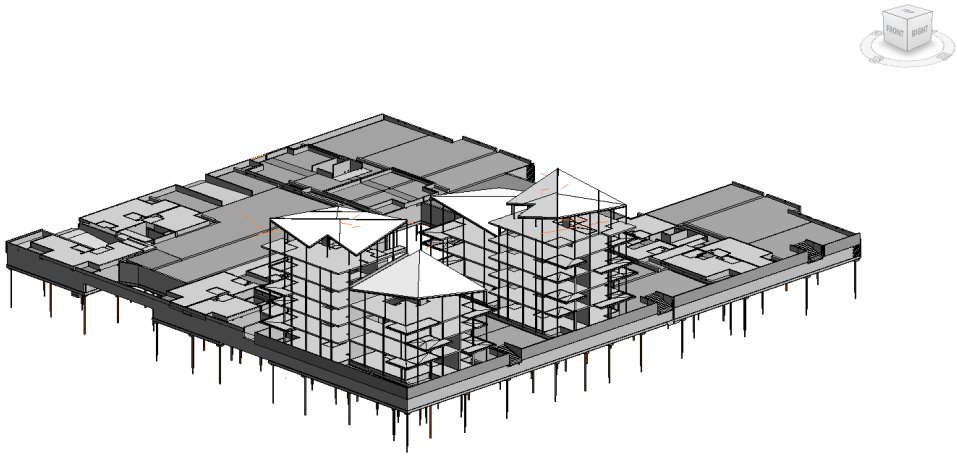
Figur 6.14 Kontroll av en veggs plassering på byggeplassen mot bygningsmodell

Leica iCON Build i dette prosjektet

I dette prosjektet vil Leica iCON Build benyttes for å styre og kontrollere totalstasjonen, gjennomføre valg av utstikningspunkt og gjøre inn- og utmålinger. I forbindelse med BIM feedbackloopen vil denne programvaren benyttes direkte i den delen av feedbackloopen som omhandler kommunikasjon av informasjon til og fra byggeplassen. Ettersom programvaren kun har mulighet til å importere data gjennom IFC, vil den delen av feedbackloopen som omhandler å føre data tilbake til BIM, løses ved hjelp av programvarene Revit og Dynamo. Se henholdsvis avsnitt 6.3.2 og 6.3.3.

6.3.2. Revit

Siden Revit ble lansert av Autodesk i 2002, har den rukket å bli en av den mest velkjente BIM programvaren (Eastman, et al., 2011). I dag brukes Revit for det meste av arkitekter og konsulenter i bygge- og anleggsbransjen. Figur 6.15 illustrerer hvordan en bygningsmodell fremvises i Revit.



Figur 6.15 BIM modell illustrert i Revit

Et av Revit sitt hovedbruksområde er å skape detaljerte bygningsmodeller ved å bruke parameterstyrte modellobjekter (Eastman, et al., 2011). Disse modellobjektene kan hentes ut fra programvarens innebygde komponentbibliotek som blant annet inneholder vinduer, dører og vegger. I tillegg lar også programvaren brukerne utvikle sine egne parameterstyrte modellobjekt, eller laste dem ned fra byggevareleverandørers nettsider (Autodesk, u.d.).

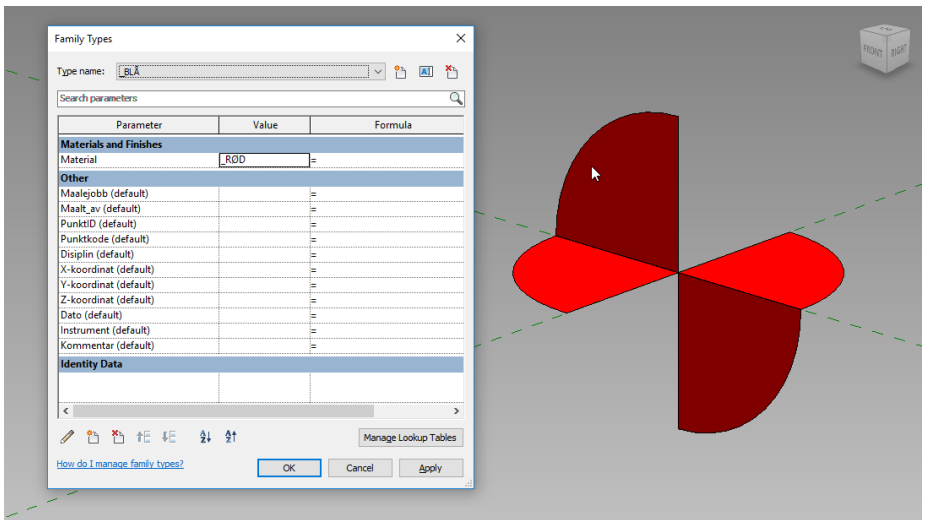
Programvaren gir også mulighet til arbeidsdeling for samtidig prosjektering gjennom innebygde funksjoner (Autodesk, u.d.). Det betyr at de prosjekterende i et byggeprosjekt kan benytte én og samme modell gjennom prosjekteringsforløpet. På den måten kan de prosjekterende få tilgang til hverandres modeller på tvers av disipliner. Ved å ta i bruk arbeidsdelinger kan det forbedre prosjekteringsprosessen, samtidig som man kan redusere antall kollisjoner mellom komponenter fra forskjellige disipliners modeller. I tillegg finnes også løsninger for å gjennomføre diverse analyser, opprette detaljerte arbeidstegninger og gjennomføre mengdeuttak.

Programvaren støtter også interoperabilitet, ved å la brukerne importere og eksportere modeller og informasjonsbestemte datautvekslingsformat, som eksempelvis den åpne datautvekslingsstandarden IFC (Autodesk, u.d.). Det betyr at brukerne av Revit ikke er låst til å samarbeide med andre som benytter seg av samme programvare.

Revit i dette prosjektet

I dette prosjektet vil Revit være et av de delaktige programmene for å skape en BIM feedbackloop. I tilknytning til feedbackloopen vil Revit benyttes som et modelleringsverktøy og som en eksportør av informasjon til IFC. Her vil modelleringen omhandle modellering av koordinatobjekt som skal representere punkt fra byggeplassen. Figur 6.16 illustrerer et koordinatobjekt modellert i Revit som skal benyttes for å representere data fra byggeplassen. Figuren viser i tillegg en dialogboks hvor parametre som kan knyttes til koordinatobjektet illustreres.

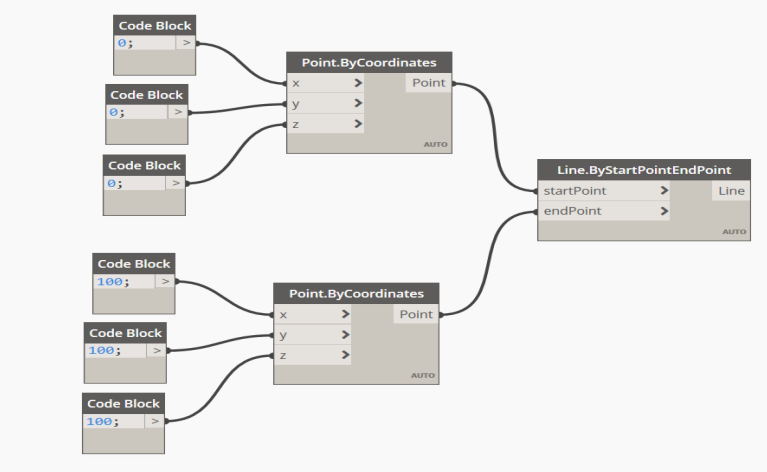
I tillegg vil Revit fungere som en eksportør av data til IFC, hvor koordinatobjekt tilknyttet data fra byggeplassen skal eksporteres. Før eksporten av koordinatobjektene til IFC må informasjonen fra totalstasjonen prosesseres, og koordinatobjekter må tilknyttes hvert punkt. Tilleggsprogramvaren Dynamo vil benyttes til å gjennomfør dette.



Figur 6.16 Skjermdump fra Revit som illustrerer et koordinatobjekt med tilhørende parametere

6.3.3. Dynamo

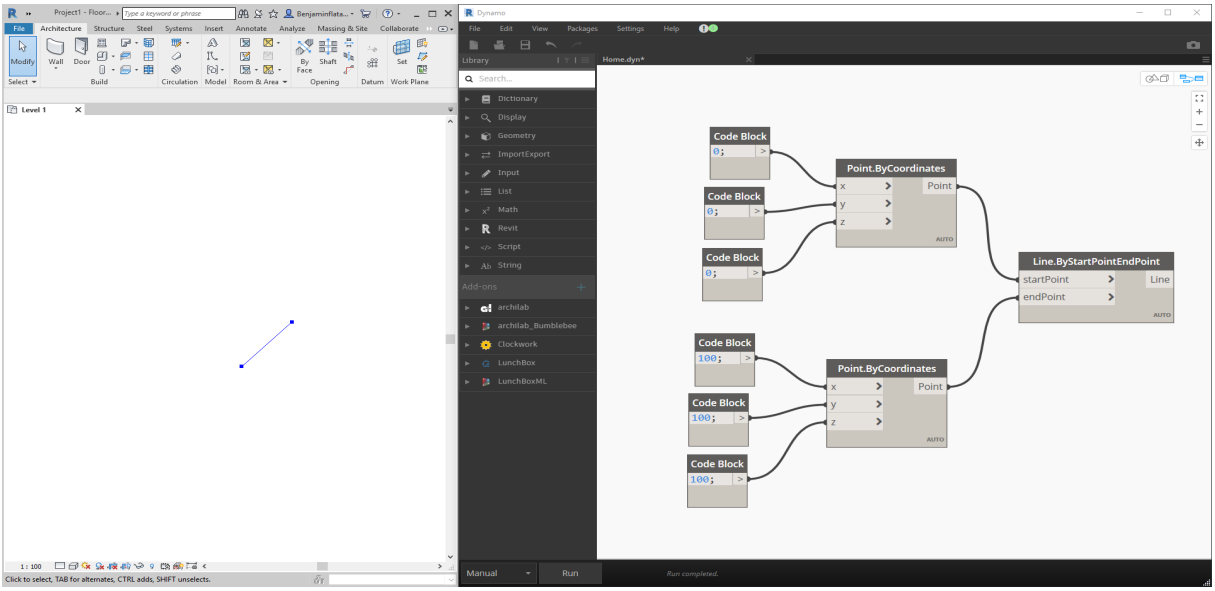
Dynamo er et visuelt programmeringsverktøy som inngår i Revit som en innebygd utvidelsesprogramvare. Dette verktøyet lar brukerne utvide og tilpasse BIM-arbeidsflyten til sitt bruk, gjennom visuell programmering (Autodesk, u.d.). For å bruke programvaren utvikles det script for å gjennomføre bestemte modelleringsoperasjoner. Programvaren kan derfor brukes til å gjennomføre arbeidsoperasjoner som Revit ikke har kapasitet til, eller til å effektivisere arbeidsoperasjoner som er repetitive. Figur 6.17 illustrerer hvordan den visuelle programmeringen kan brukes til å lage en linje mellom to koordinatbestemte punkt. Fra figuren ser vi at det ene punktet har fått koordinatene X, Y og Z lik 0, mens det andre har fått X, Y og Z lik 100.



Figur 6.17 Skjermdump fra Dynamo som illustrerer script for å definere en linje mellom to punkt (Flataker, 2019)

Illustrert i Figur 6.17 kan vi se tre forskjellige typer noder som hver har sin egen funksjon: «Code Block», «Point.ByCoordinates» og «Line.ByStartPointEndPoint». Programvaren leveres med et innebygd bibliotek med utallige noder. Ettersom programmet leveres med en åpen kildekode er det også mulig å utvikle sine egne noder med egne funksjoner, som kan deles med andre. På alle noder er nodens input plassert på venstre side, mens output fra noden er plassert på høyre side. Som vist i figuren kobles nodene sammen for å skape et script som skal gjennomføre en bestemt operasjon.

Som illustrert i Figur 6.17 brukes «Code Block» i dette scriptete for å definere tallverdier som skal brukes til å bestemme koordinatene til to punkt. Informasjonen fra «Code Block» vil så føres videre til noden «Point.ByCoordinates», hvor noden bruker X, Y og Z som input for å definere et punkt med bestemte koordinater. Avslutningsvis kan informasjonen føres videre til noden «Line.ByStartPointEndPoint». Denne noden bruke et startpunkt og et sluttpunkt for å danne en linje mellom to punkter. Ettersom programvaren er en tilleggsprogramvare for Revit, vil resultatet fra scriptet vises direkte i Revit, slik som illustrert i figur 6.18.



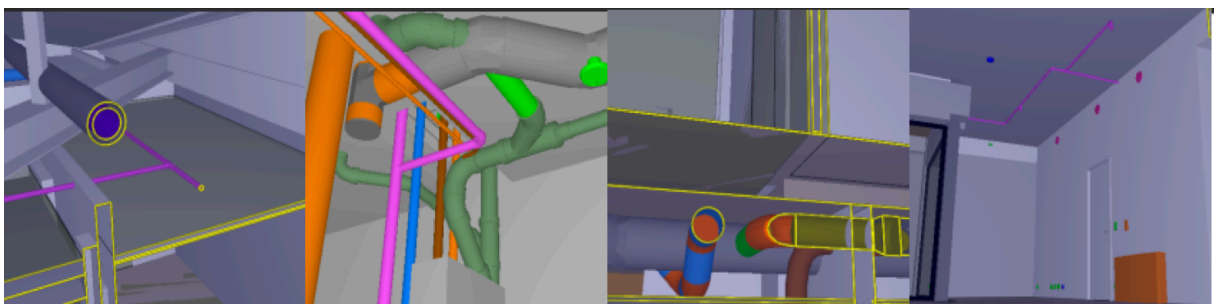
Figur 6.18 Resultat fra Dynamo script illustrert i Revit (Flataker, 2019)

Dynamo i dette prosjektet

I dette prosjektet vil Dynamo benyttes som en utvidelsesprogramvare for Revit, hvor programvaren vil brukes til å prosessere data fra totalstasjonen og byggeplassen. Det ble derfor utviklet et script som kan lese data fra totalstasjonen. Se avsnitt 6.3.5 for mer informasjon om hvordan programvaren ble benytte for å skape BIM feedbackloop.

6.3.4. Solibri Model Checker

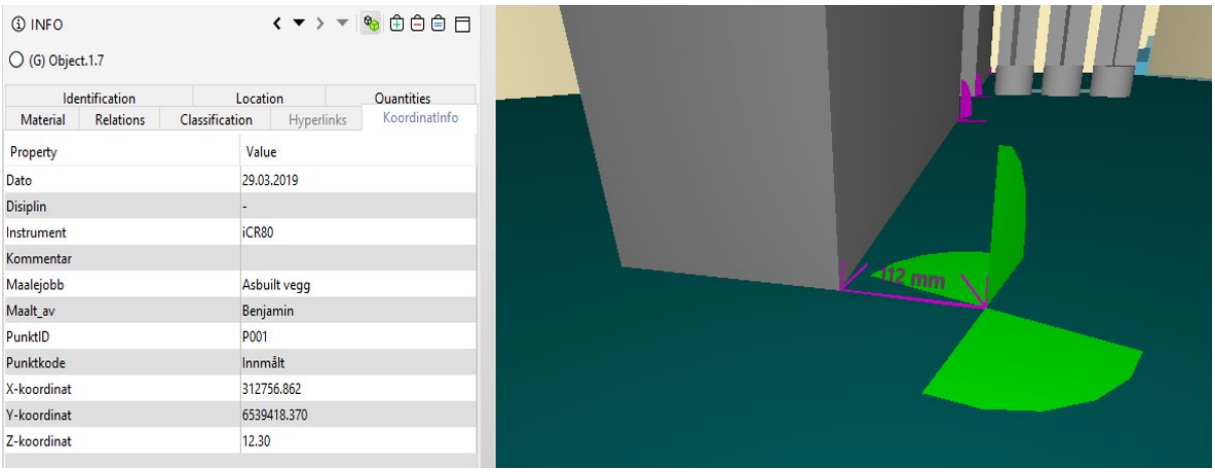
Solibri Model Checker er en programvare som ofte benyttes til visualisering av bygningsmodeller (Eastman, et al., 2011). Denne programvaren leser modellinformasjon gjennom det standardiserte datautvekslingsformat IFC, I tillegg tilbyr programvaren funksjoner for blant annet mengdeuttak, måltaking i modell, avlesning av komponentegenskaper og kvalitetskontroll av bygningsmodeller. I forbindelse med kvalitetskontroll brukes Solibri Model Checker ofte til tverrfaglige kollisjonskontroller for å avdekke kollisjoner mellom komponenter fra forskjellige disipliner. Ved å gjennomføre kollisjonskontroller kan kollisjoner mellom de forskjellige disipliner løses i modellen før problemet når byggeplassen. Figur 6.19 illustrere kollisjoner mellom forskjellige disipliner, avdekket gjennom programvarens kollisjonskontrollfunksjon.



Figur 6.19 Kollisjonskontroll mellom forskjellige disipliner i Solibri

Solibri i dette prosjektet

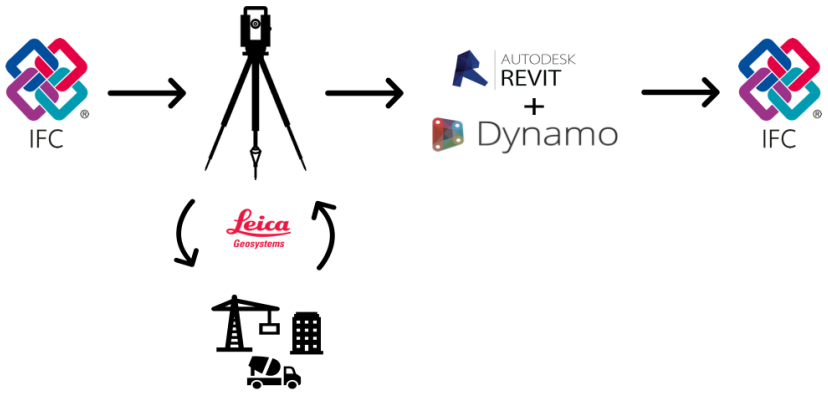
I dette prosjektet vil Solibri Model Checker primært benyttes for å visualisere bygningsmodeller. I tillegg vil programvaren fungere som en plattform for samhandling av data fra konsulenter, samt data innsamlet fra byggeplassen ved hjelp av totalstasjonen. Figur 6.20 illustrerer hvordan Solibri Model Checker fungere som en plattform for å evaluere informasjon fra byggeplassen mot bygningsmodeller fra konsulenter.



Figur 6.20 Skjermdump Solibri Model Checker. Informasjon fra byggeplass sammen med teoretisk modell

6.3.5. BIM feedbackloop

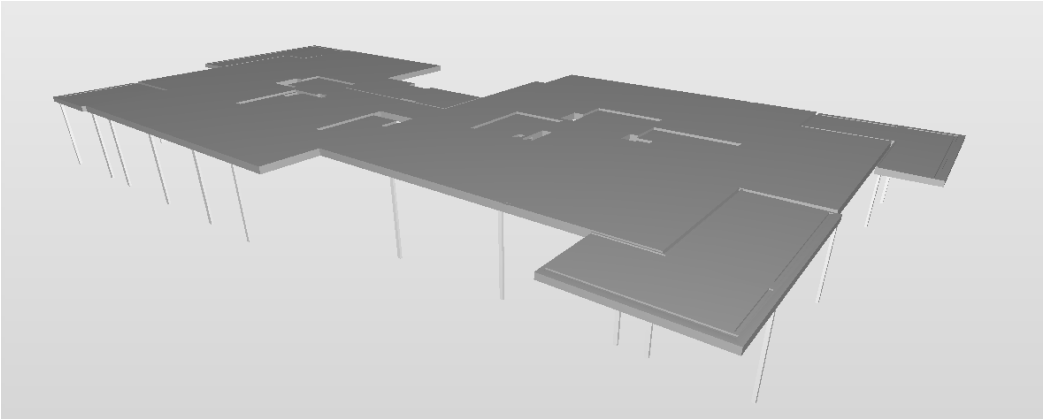
Tilknyttet prosjektets problemstilling ble det utformet underspørsmål, hvor det ene omhandlet det teknologiske aspektet og muligheten for å benytte en totalstasjon for å skape en digital produksjon. I den sammenheng vil dette avsnittet gi en beskrivelse av BIM feedbackloopen først beskrevet av Flataker (2019). Beskrivelse av BIM feedbackloopen i prosjektet vil skje ved hjelp av et praktisk eksempel som tar utgangspunkt i den første observasjon fra undersøkelsene ved boligprosjektet (se avsnitt 8.1). Figur 6.21 illustrerer BIM feedbackloopen og programvarene benyttet for å skape den.



Figur 6.21 Programvarer benyttet for å skape en BIM feedbackloop (Flataker, 2019)

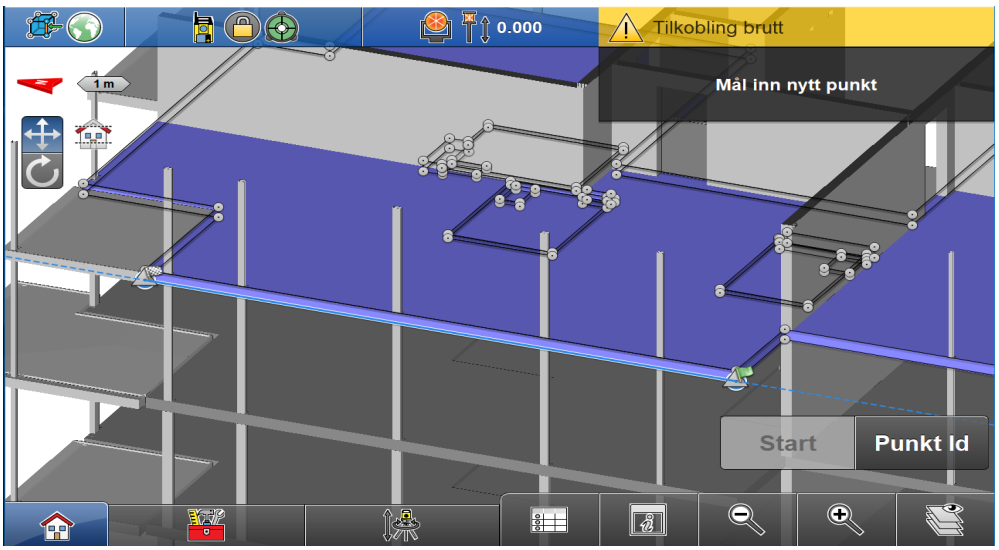
Som beskrevet i avsnitt 3.3.2, er hensikten med en BIM feedbackloop å skape en toveiskommunikasjon mellom BIM og byggeplass. Feedbackloopen skal kunne brukes til å kommunisere informasjon fra BIM til byggeplass, og informasjon fra byggeplassen tilbake til BIM. Som Figur 6.21 illustrerer starter BIM

feedbackloopen med bygningsmodellen som er representert med datautvekslingsformatet IFC. Figur 6.22 illustrerer deler av en bygningsmodell i programvaren Solibri Model Checker, hvor betongdekket gjennom dette eksempelet skal formidles ut til arbeiderene på byggeplassen.



Figur 6.22 Skjermdump fra Solibri. Strukturell bygningsmodell for 4. etasje ved boligprosjektet

For å kommunisere informasjon til byggeplassen vil det som illustrert i Figur 6.21 benyttes en totalstasjon. Totalstasjonen er som beskrevet i avsnitt 6.2, et verktøy for å kommunisere informasjon fra kartet til terrenget. I BIM feedbackloopen vil totalstasjonen benyttes for å kommunisere informasjon mellom BIM og byggeplass. Innebygd i totalstasjonens kontroller finner vi programvaren Leica iCON Build som brukes for å styre totalstasjonen (se avsnitt 6.3.1). Denne programvaren gjør det mulig å benytte bygningsmodeller slik som stikningsdata direkte i kontrolleren uten forarbeid. Figur 6.23 illustrerer en BIM modell i totalstasjonens kontroller, hvor et betongdekke har blitt valgt for å plasseres ut på byggeplassen. Figuren viser også hvordan brukeren velger mellom hvilke linjer og punkt fra modellobjektets geometri som skal stikkes ut.



Figur 6.23 Skjermdump fra totalstasjonens kontroller

Ettersom totalstasjonens programvare gir mulighet til å definere stikningspunkt og linjer direkte fra objekter i bygningsmodellen, kan totalstasjonen benyttes til å plassere punkt eller linjer fra objektenes geometri dirkete på byggeplassen. Figur 6.24 illustrerer hvordan et hjørnepunkt for et betongdekke

kan markeres på byggeplassen ved hjelp av en spiker som symboliserer punktet og krittmerker som beskriver at dette er et hjørnepunkt på betongdekket.

Figur 6.24 Bilde fra byggeplass. Markering av utstukket hjørnepunkt (Flataker, 2019).

En totalstasjon kan benyttes for å gjøre både innmålinger og utmålinger (Skogseth & Norberg, 2014). Der hvor innmålinger først og fremst er relatert til å dokumentere informasjon fra den faktiske situasjonen i felten, vil utmålinger benyttes når teoretisk data fra en modell eller tegning skal plasseres ut i felten. Ettersom hensikten med en BIM feedbackloop er å skape en toveiskommunikasjon mellom BIM og byggeplass, vil totalstasjonen brukes for å dokumentere inn- og utmålte punkt digitalt.

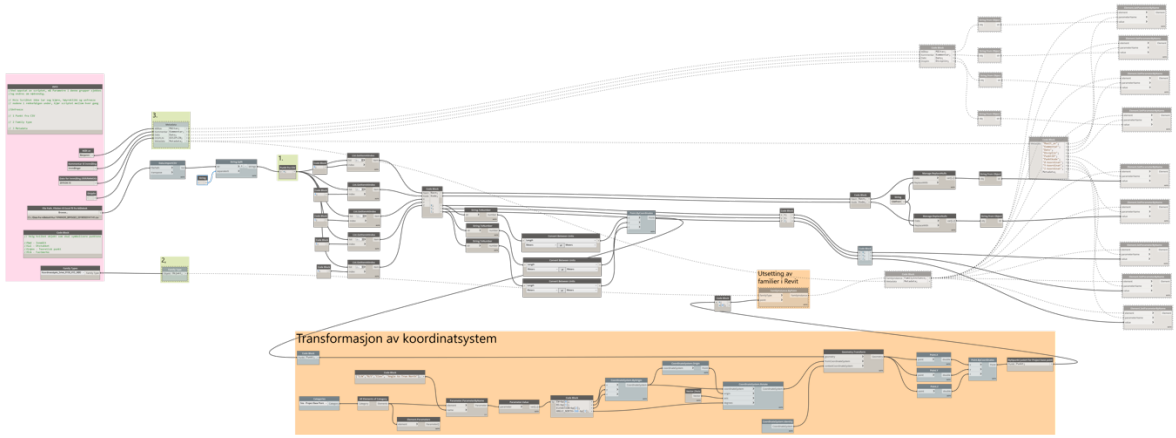
Ettersom totalstasjonens programvare i dag ikke har mulighet til å eksportere informasjon direkte til BIM, vil dette prosjektet bruke Revit og Dynamo for å tolke og prosessere informasjon fra felten for derav å føre informasjonen tilbake til BIM. Figur 6.25 illustrerer data fra totalstasjonen eksportert i formatet CSV.

```
2;                  312780.230;     6539415.886;    14.275; INNMALT
SOline_J2->J10_1;   312781.067;     6539390.767;    14.275; UTMALT
SOline_J2->J10_2;   312781.641;     6539395.428;    14.275; UTMALT
SOline_E2->N2_1;    312780.801;     6539392.727;    14.276; UTMALT
SOline_E2->N2_2;    312786.710;     6539391.999;    14.276; UTMALT
3;                  312783.480;     6539390.291;    14.279; INNMALT
4;                  312783.678;     6539390.176;    14.280; INNMALT
5;                  312783.982;     6539390.229;    14.280; INNMALT
6;                  312784.176;     6539390.111;    14.281; INNMALT
7;                  312787.118;     6539389.855;    14.227; INNMALT
8;                  312787.249;     6539389.688;    14.225; INNMALT
9;                  312787.328;     6539391.399;    14.277; INNMALT
```

Figur 6.25 Eksempel på data fra totalstasjonen etter innmåling og utmåling på byggeplass (Flataker, 2019).

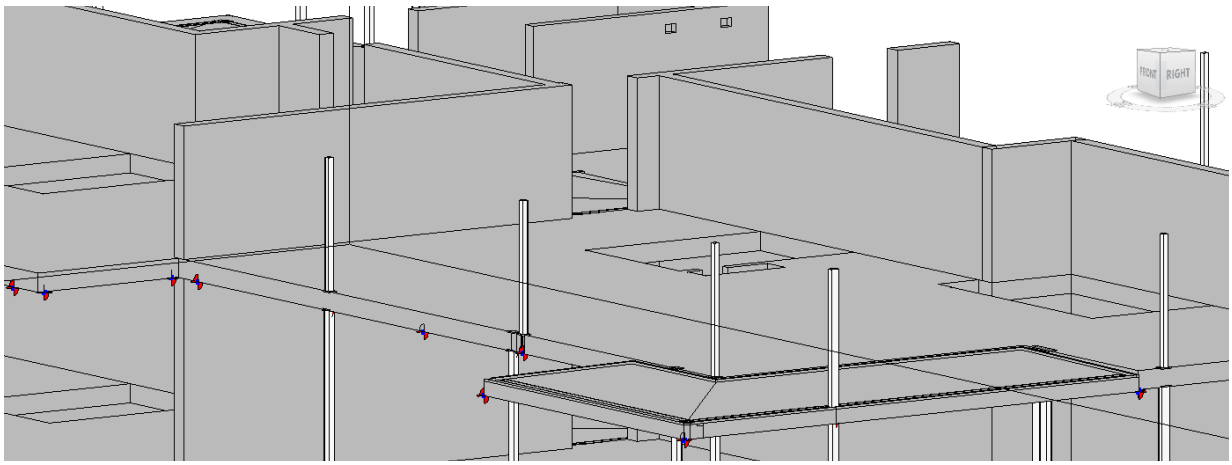
Fra Figur 6.25 ser vi at denne CSV-filen er semikolondelt. Det betyr at tegnet semikolon (;) brukes for å skille datakolonner fra hverandre, mens linjeskift brukes for å skape en oppdeling mellom rader. I denne filen representerer hver rad koordinatinformasjonen tilknyttet et punkt. Denne koordinatinformasjonen leses fra venstre og er oppgitt i en bestemt rekkefølge definert av totalstasjonens programvare. I denne filen vil den første verdien beskrive en punkt-ID, og deretter oppgi punktets øst/y-koordinat, nord/x-koordinat, høyde/z-koordinat og til slutt en brukerdefinert kode. Denne koden kan brukeren selv definere. I Figur 6.25 er koden benyttet for å skille mellom inn- og utmålte punkt, hvor «INNMALT» kan symboliserer as-build data og «UTMALT» kan symboliserer teoretiske punkt merket ut på byggeplassen.

I forbindelse med testprosjektet gjennomført av prosjektets forfatter (Flataker, 2019), ble det utviklet et dynamoscript som ble benyttet til å prosessere dataen fra totalstasjonen. Dette scriptet leser og tolker data fra totalstasjonen, og definerer punkter basert fra koordinatinformasjonen hentet fra totalstasjonen, i tillegg til å tilknytte koordinatobjekt til punkt innmålt av totalstasjonen. Figur 6.26 illustrerer dynamoscriptet som ble benyttet for prosessering av data fra totalstasjonen, i tillegg til å tilknytte koordinatobjekt objekt til dataen fra totalstasjonen. Scriptet har også innebygde funksjon som automatisk tilknytter parametre som koordinater, punkt-ID og punkt-kode til sine representative koordinatobjekt.



Figur 6.26 Dynamoscript for prosessering av data fra totalstasjon (Flataker, 2019). Se bilag B-2 for forstørret figur.

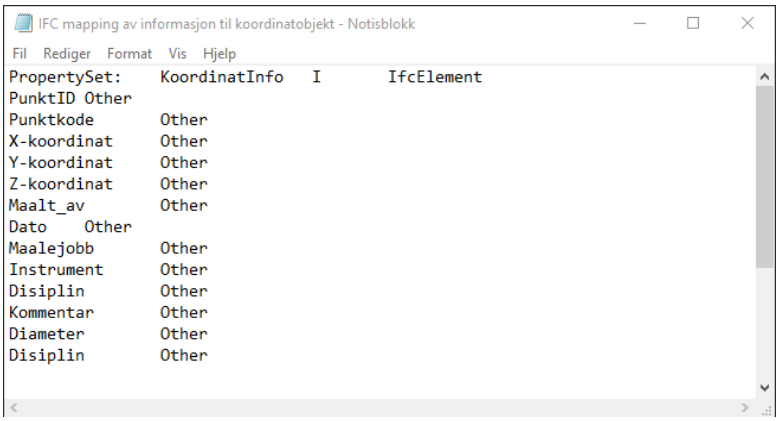
Som forklart tidligere er Dynamo er en utvidelsesprogramvare for Revit (se avsnitt 6.3.3), som medfører at handlinger gjort i Dynamo vil illustreres i Revit. Når Dynamoscriptet er kjørt vil derfor koordinatobjektene som tilknyttes koordinatinformasjonen fra totalstasjonen også illustreres i Revit, se Figur 6.27. Som denne figuren viser, har det koordinatobjekt blitt tilknyttet informasjonen fra totalstasjonen og blitt synlige i modellen.



Figur 6.27 Resultat fra Dynamo script for prosessering av data fra totalstasjon illustrert i Revit

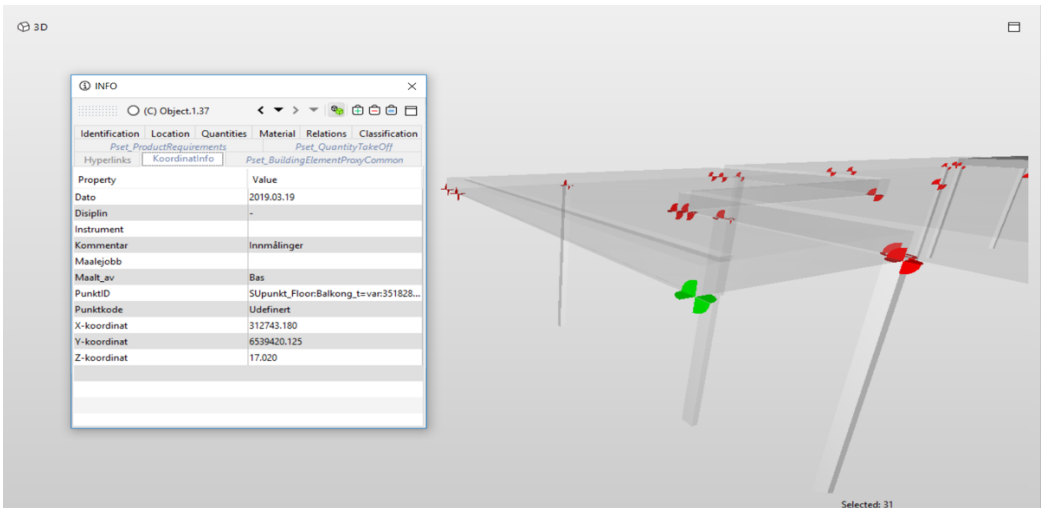
Som beskrevet i avsnitt 6.3.2, vil Revit benyttes i BIM feedbackloopen for å modellere koordinatobjekt, i tillegg til å fungere som en eksportør av koordinatobjekt til IFC. I forbindelse med at Dynamo ble benyttet for å tilegne egenskapsparametre til koordinatobjektene, er det ønskelig at denne informasjonen forblir tilknyttet koordinatobjektene gjennom eksporten til IFC. For å få til det må Revit fortelle hvordan programvaren skal strukturere denne informasjonen i IFC filen. Dette kan gjøres ved

å velge at Revit skal bruke egendefinerte egenskapsparametre ved eksporten til IFC. Figur 6.28 illustrerer et tekstdokument som beskriver hvordan Revit skal strukturere egenskapene tilknyttet koordinatorbjektene. Dokumentet beskriver at det skal lages et nytt ”PropertySet” som skal navngis ”KoordinatInfo”. I tillegg vil det beskrive hvilke parametre fra Revit-objektene som skal tilknyttes ved eksport. Egenskapsparameterne er de samme som er tilknyttet koordinatobjektene illustrert i Figur 6.16.



Figur 6.28 Egendefinerte egenskapsparametre for koordinatobjekt

Figur 6.29 illustrerer hvordan informasjon fra byggeplassen, innmålt ved hjelp av totalstasjonen, kan illustreres i programvaren Solibri Model Checker. Figuren viser hvordan koordinatobjekt har blitt tilknyttet data en fra totalstasjonen, og koordinatobjektenes tilhørendes parametre som dato, punkt-ID og punkt-kode, i tillegg til koordinatobjektets koordinater.



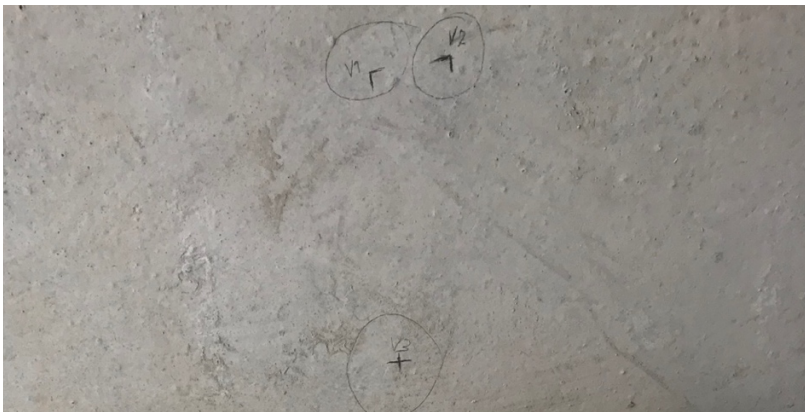
Figur 6.29 Skjermdump fra Solibri hvor data fra totalstasjonen illustreres sammen med modell for bærende konstruksjoner

Bruksområder for BIM feedbackloop

Ved å skape en BIM feedbackloop vil det åpnes dører for digital samhandling mellom arbeiderene internt på byggeplassen, i tillegg til arbeiderene på byggeplassen og de prosjekterende. Gjennom dette avsnittet vil det gis noen praktiske eksempler for bruksområdene til en BIM feedbackloop.

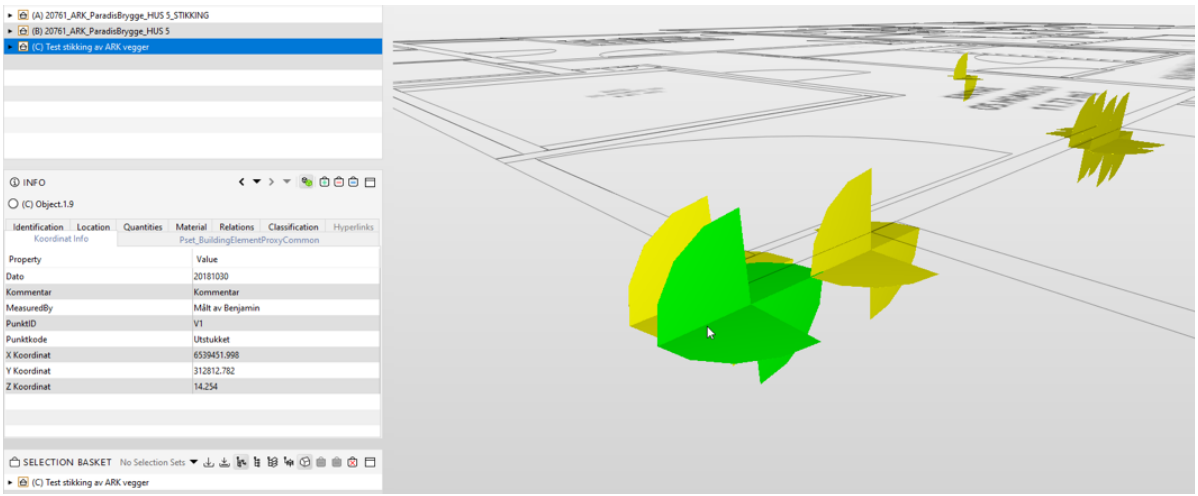
Kommunikasjon mellom arbeiderne på byggeplassen

Ved gjennomføringen av de første undersøkelsene tilknyttet bruk av totalstasjon som bindeledd mellom BIM og byggeplass, ble det undersøkt hvordan BIM feedbackloopen kunne bidra til samhandling mellom arbeiderne internt på byggeplassen (Flataker, 2019). Ved disse undersøkelsene ble totalstasjonen benyttet til utmåling av en lettvegg fra arkitektens bygningsmodell. Figur 6.30 illustrerer hvordan punktene for lettveggen ble markert ut på byggeplassen. Ved dette eksempelet ble punktene navngitt med tilfeldige verdier, hvor punktene V1 og V2 illustrerer veggens endepunkt og V3 symboliserte en tilstøtende vegg. Ved dokumentering av disse punktene ble de lagret med samme navn som merket med på byggeplassen.



Figur 6.30 Punkter for lettvegg stukket med totalstasjon (Flataker, 2019)

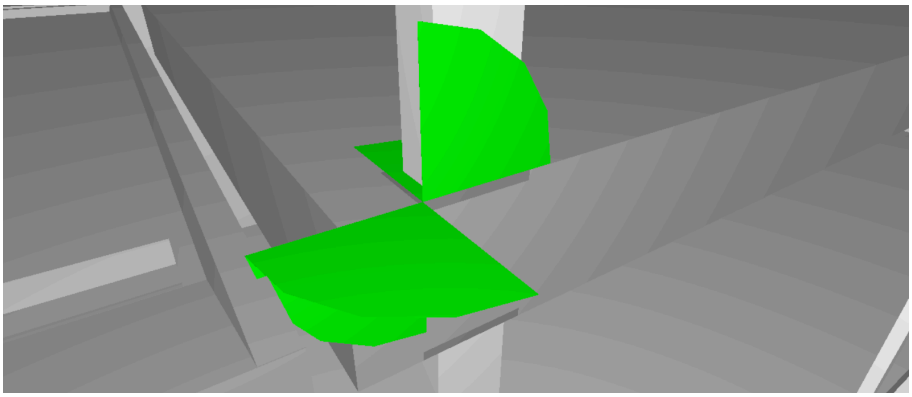
I etterkant av utmålingen ble dataen fra totalstasjonen tilegnet koordinatobjekter og ført tilbake til BIM. Figur 6.31 illustrerer resultatet. Vi kan se at koordinatobjektene i modellen symboliserer punktene som ble utmålt på byggeplassen. Ved å klikke på et av koordinatobjektene i modellen vil dette objektet bli aktivt, og det valgte objektets parametre blir tilgjengelig under fanen for koordinatinfo, som vist på venstre side i Figur 6.31. I fanen for koordinatinfo kan det forstås at det aktive punktet er punkt V1 fra byggeplassen som kan gjenkjennes fra Figur 6.30. På den måten kan arbeiderne på byggeplassen kommunisere informasjon til hverandre gjennom bygningsmodeller.



Figur 6.31 Resultat fra utstikning av lettvegg og fotprint fra arkitektmodell illustrert i Solibri Model Checker (Flataker, 2019)

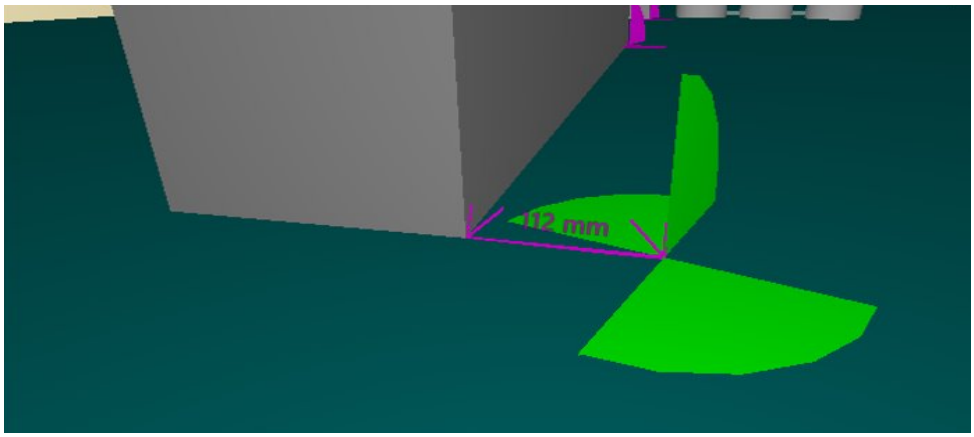
Kommunikasjon mellom byggeplassen og prosjekterende

I tillegg til å formidle informasjon mellom andre arbeidere på byggeplassen, kan også feedbackloopen benyttes til å formidle informasjon fra byggeplassen til de prosjekterende. Totalstasjonen kan for eksempel brukes til å måle inn og dokumentere den faktiske plasseringen til komponenter på byggeplassen. Denne informasjonen kan for eksempel benyttes som grunnlag for prefabrikkering, ved å gjøre denne informasjonen tilgjengelig for prosjekterende eller leverandører. Figur 6.32 illustrerer et koordinatobjekt tilknyttet innmåling av en stålplate. Denne informasjonen kan for eksempel benyttes av prosjekterende eller underleverandører for oppdatering av modell og deres kapplister.



Figur 6.32 Resultat fra innmåling av stålplate illustrert i Solibri Model Checker

Videre kan også informasjon fra byggeplassen brukes til kvalitetssikring og dokumentasjon på arbeid som er utført. Denne informasjonen kan brukes til å oppdatere bygningsmodeller for å lage as-built modeller av bygg. Figur 6.33. illustrerer et koordinatobjekt som er knyttet til innmålingen av en vegg. Her brukes måleverktøyet i Solibri Model Checker for å kontrollere avstanden mellom veggens plassering i bygningsmodellen og dens plassering på byggeplassen. For å lage en as-built modell, kunne veggens hjørnepunkt i modellen vært flyttet til koordinatobjektets punkt. På den måten ville veggens plassering i modellen gjenspeilet veggens virkelige plassering på byggeplassen.

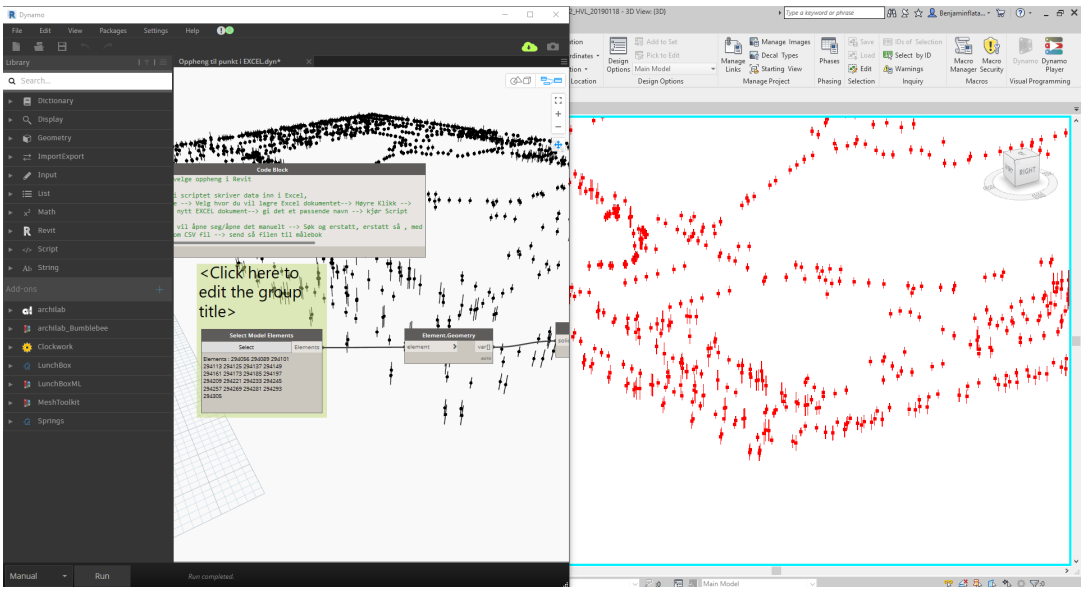


Figur 6.33 Skjermdump fra Solibri Model Checker hvor et innmålt punkt for en vegg illustreres

Oppheng

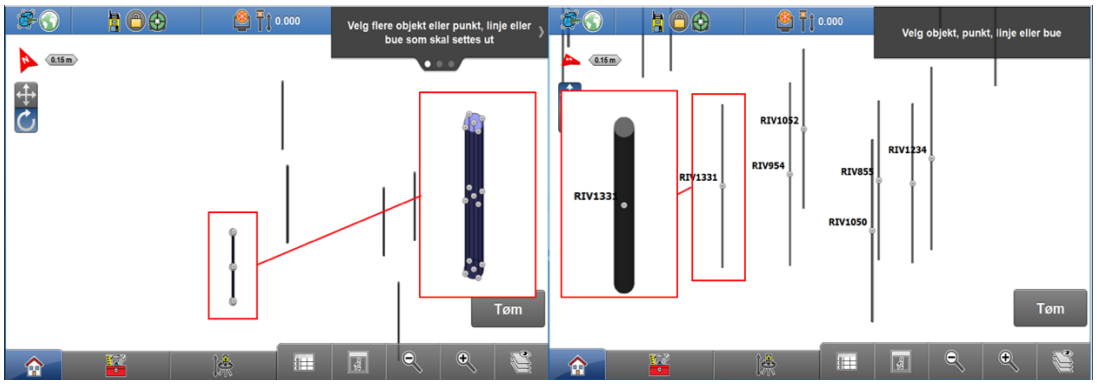
I tillegg til å knytte koordinatobjekt til informasjonen fra totalstasjonen, ble også programvarene Revit og Dynamo benyttet for å effektivisere stikningsprosessen ved et skoleutbygningsprosjekt (se avsnitt 8.2), hvor totalstasjonen skulle brukes til utmåling av oppheng. Programvarene ble i denne

sammenhengen brukt til å finne opphengenes senterpunkt som skulle brukes som stikningsdata. Det ble derfor utviklet et dynamoscript, hvor modellobjekter ble valgt i Revit for at Dynamo deretter kunne finne objektets senterpunkt. Figur 6.34 illustrerer hvordan opphengsobjektene kunne velges i Revit, og hvordan Dynamo deretter kunne hente alle opphengsobjektenes senterpunkt.



Figur 6.34 Skjermdump fra Revit og Dynamo. Dynamo brukes for å hente ut senterpunkt på opphengsobjekter i Revit.

Det ble bygget inn en funksjon i dynamoscriptet som eksporterte alle opphengenes senterpunkt til en CSV-fil. I tillegg ble alle punktene tilegnet et unikt nummer. Resultatet av denne effektiviseringen illustreres i Figur 6.35. Den venstre delen av figuren viser hvordan modellobjekt for oppheng kan benyttes som stikningsdata, hvor programvaren vil definere punkt og linjer som kan velges mellom. Det ble vurdert at det kunne bli vanskelig og tidkrevende å velge det riktige punktet på opphengenes geometri som skulle stikkes ut. Til sammenligning illustrerer den høyre siden av figuren hvordan senterpunktene, hentet fra modell gjennom Revit og Dynamo, enkelt kan velges som utstikningspunkt uten å måtte velge mellom andre punkt på objektenes geometri. Det skal i tillegg påpekes at modellen for oppheng i denne delen av figuren kun er vist som bakgrunnsdata av illustrative årsaker.



Figur 6.35 Skjermdump fra Leica iCON Build. Til venstre: Opphengsmodell fra IFC-fil lastet inn som stikningsdata. Til høyre: Opphengspunkt generert fra objekt ved hjelp av Revit og Dynamo. Opphengsmodell vises som bakgrunnsdata.

7. Testing av konsept

Beyer & Holtzblatt (u.d.) påpeker at testing er en viktig del av systemutviklingen, da det ofte er tilknyttet mindre kostnader til problem oppdaget og utbedret på et tidlig stadium av utviklingsfasen. Ved å gjennomføre brukervennlighetstester vil det kunne testes om et produktet eller tjeneste er tilpasset den tiltenkte bruken, og ikke minst brukeren (Sharp, et al., 2011). Slike tester kan med fordel gjennomføres i laboratorier eller andre midlertidig tilegnede testmiljø. På den måten kan ytre påvirkninger som ellers kan ha en innvirkning på testen, være kontrollerbare.

I forbindelse med tidligere arbeid av prosjektets forfatter (se avsnitt 3.3), ble det gjennomført et testprosjekt hvor en totalstasjon ble benyttet som en sammenkobling mellom BIM og byggeplass. Ved dette testprosjektet ble totalstasjonen først testet i kontrollerte, men virkelighetsnære omgivelser. På den måten kunne utstyret testes uten at feil i programvare eller bruk av utstyr ville medføre noen konsekvenser for annet enn testresultatet. I etterkant av testene ble det konkludert med at totalstasjonen var et konsept som var verdt å teste i felten. Totalstasjonen ble derfor testet i sin tiltenkte funksjon, som var å kommunisere informasjon fra BIM ut på byggeplassen. Dette hevder Sharp, et al. (2011) kan være fordelaktig, ettersom det ved testing av et produkt i felten vil dannes et virkelighetsnært testresultat. Produktet vil da kunne påvirkes av ytre påvirkninger og andre forstyrrelser som kan påvirke testresultatet.

I etterkant av perioden med testing av totalstasjonen på byggeplass, ble det avholdt et intervju med byggeprosjektets betongformann (Flataker, 2019). Gjennom dette intervjuet ble det påpekt flere opplevde fordeler ved å ta i bruk totalstasjonen for plassering av bygningskomponenter direkte fra bygningsmodeller. Det ble blant annet beskrevet at ved å ta i bruk dette verktøyet ville to prosesser kombineres - henholdsvis produksjon og kvalitetssikring. Spesielt var det den kvalitetsmessige fordelen som ble vektlagt ettersom totalstasjonen kunne plassere bygningskomponenter med en nøyaktighet ned til få millimeter. Dette ble beskrevet til å være en mye bedre nøyaktighet enn det betongformannen mente var mulig å oppnå ved tradisjonelle metoder for utmåling av bygningskomponenter.

7.1. Testing av konsept på prosjektnivå

Tilknyttet implementeringen av totalstasjonen vil dette avsnittet ha sitt fokus rettet mot hvordan konseptet skal testes på prosjektnivå. Dette avsnittet vil derfor beskrive hvordan testprosjektene ble valgt, i tillegg til hvordan opplæringen ved bruk av totalstasjonen ble gjennomført. I forbindelse med testingen av konseptet på byggeplassen, vil det i kapittel 8 gis en utvidet beskrivelse av undersøkelsene på byggeplassen, i tillegg til å beskrive hvilke effekter totalstasjonen gav.

Ettersom konseptet skulle testes ut på prosjektnivå, ble det valgt ut to prosjekt hvor Kruse Smith inngår som totalentreprenør. Det ene testprosjektet var et boligprosjekt hvor den første testing av totalstasjon ble gjennomført av prosjektets forfatter (Flataker, 2019). Dette prosjektet ble valgt som testprosjekt ettersom prosjektets betongbas fremmet et ønske om å lære seg å bruke totalstasjonen. Dette var på bakgrunn av positive effekter opplevd ved det første testprosjektet.

I tillegg til boligutbygningsprosjektet, ble også et skoleutbygningsprosjekt valgt som testprosjekt. Her skulle totalstasjonen benyttes for å stikke ut plassering av oppheng for det tekniske anlegget. Denne jobben skulle opprinnelig utføres av en underleverandør som benytter boreroboter i gjennomførelsen av denne typen oppgaven, men på grunn av tekniske problemer måtte de trekke seg fra prosjektet. Dette resulterte i at totalentreprenøren måtte søke alternative løsninger. Det ble derfor undersøkt hvordan en totalstasjon kunne benyttes for å gjennomføre denne oppgaven.

7.1.1. Opplæring på byggeplassen

Siden totalstasjonen skal testes på prosjektnivå i utvalgte pionérprosjekt, i tillegg til at brukerterskelen for en totalstasjon kan antas å være høy, vil det være nødvendig med opplæring i bruk av utstyret før det kan tas i bruk.

Hardin & McCool (2015) påpeker at opplæring er nødvendig dersom et nytt verktøy eller en ny teknologi skal tas i bruk. Uten nødvendig opplæring i bruk av utstyr, vil en ansatt som tar i bruk et nytt verktøy sannsynligvis komme til skade selv eller skade andre. Det samme gjelder bruk av BIM, da denne teknologien har det som kan beskrives som en bratt læringskurve og en betydelig brukerterskel.

Davies & Harty's (2013) erfaringer knyttet til implementering av teknologi på byggeplassen viser at det var en prosess hvor det måtte investeres en betydelig mengde tid til opplæring, i tillegg til supportrelaterte funksjoner i etterkant av opplæringen. Opplæring av arbeidere i bruk av teknologi burde gjøres relevant og rettet mot det spesifikke bruksområdet hvor teknologien skal brukes (Hardin & McCool, 2015). I tillegg påpekes det at læringsutbytte vil være størst dersom opplæringen skjer ute i felten, og arbeiderne på egenhånd kan koble bruk av ny teknologi mot sine arbeidsoppgaver. Det må også vektlegges hvem som skal læres opp, da forskjellige personer vil reagere forskjellig på opplæring. Det betyr at opplæring må tilpasses. I forbindelse med opplæring i bruk av BIM, trenger ikke arbeiderne å bli BIM-spesialister. Arbeiderne bør likevel gjøres kjent med basisfunksjoner som vil være nyttige i deres arbeid. Det kan eksempelvis være funksjoner for å navigere rundt i modeller, før de vil få videre opplæring i programvarens andre funksjoner.

På grunn av at testing av totalstasjonen ville gjennomføres på to byggeprosjekt med svært forskjellige geografiske lokasjoner, ble opplæringen av arbeiderne gjennomført separat. I tillegg til de geografiske forskjellene, skulle testingen gjennomføres av personer med forskjellig bakgrunn og erfaring tilknyttet totalstasjoner. Testingen på boligprosjektet ville gjennomføres av prosjektets egen betongbas, uten noen som helst kunnskap tilknyttet bruken av totalstasjoner. Ved testingen på skoleutbyggingsprosjektet ble derimot to landmålingsstudenter ansatt for å gjennomføre stikkingen av opphengspunkt. Opplæringen i bruk av totalstasjonen ble ved begge byggeprosjektene gjennomført av prosjektets forfatter, og i en setting som var lik de reelle omgivelsene totalstasjonen til slutt skulle brukes ved. På denne måten ble brukerne introdusert til hvordan utstyret kunne brukes i reelle omgivelser på byggeplassen.

Siden totalstasjonen kunne antas å ha en høy brukerterskel, ble opplæringen delt opp i forskjellige økter hvor hver økt ville fokusere på egne tema og funksjoner ved totalstasjonen. Tabell 7.1 beskriver hvordan opplæringen i bruk av totalstasjonen ble oppdelt, og hva som var tema ved de forskjellige opplæringsøktene.

Tema	Beskrivelse
Oppstilling	For å kunne bruke totalstasjonen må det gjennomføres en oppstilling. Gjennom denne prosessen vil totalstasjonen måle inn punkt med kjente koordinater for å bestemme sin plassering i koordinatsystemet. Brukerne ble lært hvordan en oppstilling gjennomføres, og hvordan den kan kontrolleres mot kjente punkt.
Innmåling	Innmåling benyttes når totalstasjonen skal brukes for å samle inn data. Brukerne ble lært hvordan man oppretter jobber i totalstasjonens kontroller, definere måleinnstillinger, endre prismetype og gjennomføre innmålinger på byggeplassen.
Utmåling	Utmåling blir benyttet for å kommunisere informasjon fra teoretiske grunnlag til byggeplassen. Brukerne ble lært hvordan man velger teoretisk data i kontrolleren fra bygningsmodeller, punkt- og linjedata og hvordan utmåling av punkt og linjer gjennomføres.
Stikningsdata	Stikningsdata er enten data innsamlet ved hjelp av totalstasjonen eller teoretisk data som skal kommuniseres ut til byggeplassen. Brukerne ble lært hvordan data importeres og eksporteres fra totalstasjonens kontroller.
Kalibrering	Ved å kalibrere totalstasjonen vil eventuelle interne feil i totalstasjonen elimineres. Dette må gjennomføres jevnlig for å sikre at totalstasjonen måler som den skal. Brukeren ble lært hvordan en kalibrering foretas.

Tabell 7.1 Opplæringsøkter for bruk av totalstasjon

Opplæringen på byggeplassen ble gjennomført på forskjellige måter for de to prosjektene. Ved opplæring på skoleutbygningsprosjektet ble landmålingsstudentenes tidligere erfaring tilknyttet bruk av totalstasjoner gjennom sommerjobb ansett som en fordel. Opplæringen her ble gjennomført på få timer. Det ble likevel gjennomført en gjennomgang av programvaren som brukes for å kontrollere totalstasjonen, ettersom ingen av studentene var kjent med denne. I etterkant av opplæringen ble det utvekslet kontaktinformasjon slik at de hadde mulighet til å ta kontakt hvis det skulle oppstå utfordringer eller problemer knyttet til bruken av utstyret.

I motsetning til ved skoleutbygningsprosjektet, hvor stikkingen skulle gjennomføres av studenter som hadde erfaring ved bruk av totalstasjon, skulle stikkingen ved boligprosjektet gjennomføres av prosjektets betongbas som hadde svært begrenset kunnskap tilknyttet bruken av totalstasjoner. Den eneste kunnskapen han hadde omkring totalstasjoner var begrenset til bistand av den eksterne landmåleren i sitt arbeid på byggeplassen. Dette kunne ansees som fordelaktig. Selv om betongbasen aldri hadde brukt en totalstasjon, visste han likevel litt om hvordan arbeidsgangen ved totalstasjonen var. Eksempelvis at den må stilles opp, og at man måtte gjennomføre innsikting og måling av fastmerker før man kunne sette i gang med noe annet. Opplæring av betongbasen ble derfor oppdelt i flere økter, hvor hver økt ville omhandle et spesifikt tema, som beskrevet i Tabell 7.1.

8. Undersøkelser på byggeplass

Som beskrevet i kapittel 4 vil dette prosjektet fokusere på å undersøke hvordan en totalstasjon kan fungere som en sammenkobling mellom BIM og byggeplass på prosjektnivå. For dette prosjektet ble det gjennomført undersøkelser ved to forskjellige byggeprosjekt; et boligprosjekt og et skoleutbygningsprosjekt (se henholdsvis avsnitt 8.1 og 8.2).

I forbindelse med at totalstasjonen skulle testes som et verktøy for arbeiderne i produksjonen, ble det ansett som nødvendig med opplæring før testingen kunne starte. Opplæringen av arbeiderne ble gjennomført som beskrevet i avsnitt 7.1. Arbeiderne ble guidet gjennom de mest nødvendige funksjonene ved totalstasjonen, slik at de hadde kunnskap nok til å håndtere utstyret på egenhånd.

8.1. Boligprosjekt

I forbindelse med undersøkelser på byggeplassen ble et boligprosjekt i regi av Kruse Smith valgt som testprosjekt for implementering av en totalstasjon på prosjektnivå. Det var gjennom dette byggeprosjektet de første testene av konseptet ble utført (Flataker, 2019). I etterkant av testprosjektet, ble prosjektets forfatter kontaktet av bas og formann som fortalte at de så nytteverdien i testprosjektet, og ønsket å få opplæring slik at de kunne ta utstyret i bruk selv.

Fra betongbasens ønske om å få muligheten til å ta i bruk totalstasjonen for å kunne utføre stikking fra BIM på egenhånd, startet en opplæringsprosess. Ettersom brukerterskelen til totalstasjon kan anses å være relativt høy, ble opplæringsprosessen delt opp i flere deler. Opplæringsprosessen startet med det mest elementære for bruk av totalstasjonen, nemlig oppstilling. Deretter ble basen gradvis introdusert til nye funksjoner, hvor han blant annet lærte hvordan han kunne kontrollere oppstillingen mot punkt som var utstukket ved tidligere anledninger. Opplæringen ble holdt utenfor produksjonen. På den måten kunne betongbasen prøve seg frem på egenhånd, uten at feil ved bruk av utstyret kunne medføre konsekvenser. Når basen følte seg trygg og selvsikker ved bruk av utstyret, ble det tatt i bruk i produksjonen under tilsyn ved de første anledninger.

I forbindelse med undersøkelsene på byggeplassen ble det utført observasjoner ved tre forskjellige anledninger. Det hadde til hensikt å observere hvordan utstyret ble brukt, og å avdekke eventuelle utfordringer som skulle dukke opp ved bruk av utstyret. Tabell 8.1 gir en oversikt over observasjonene gjennomført på boligprosjektet.

	Dato	Beskrivelse
Observasjon 1	19.03.2019	Utstikning av betongdekke
Observasjon 2	29.03.2019	Utstikning av rampe
Observasjon 3	01.04.2019	Utstikning av betongdekke

Tabell 8.1 Oversikt over observasjoner på boligprosjektet

8.1.1. Prosess

Prosjektering

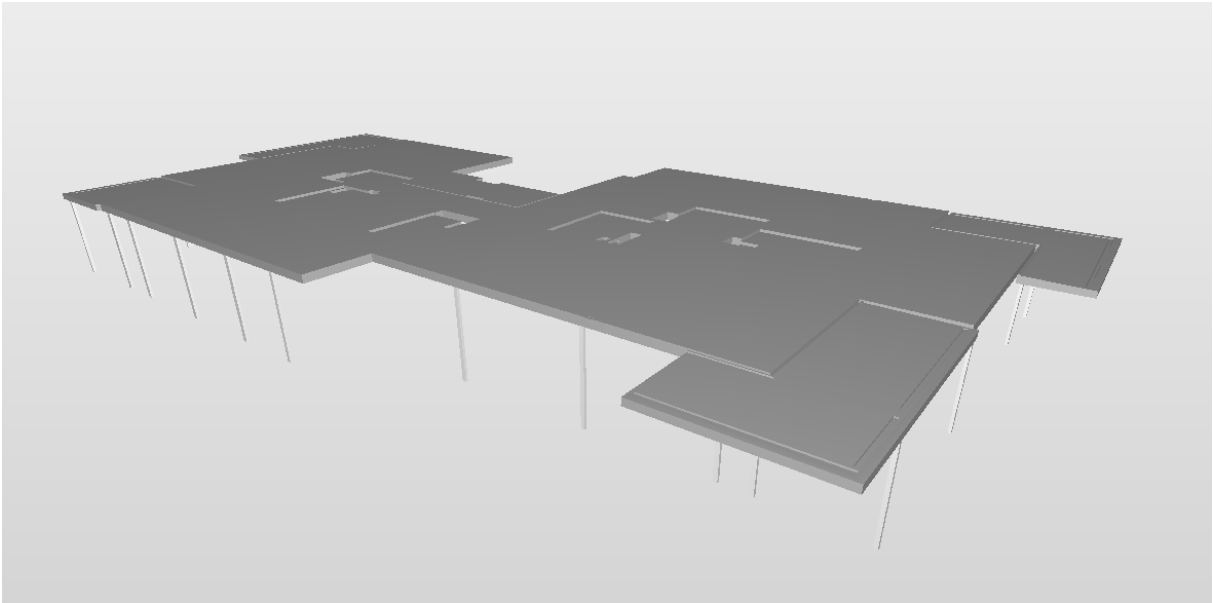
For dette testprosjektet har det ikke vært behov for ekstra prosjektering. Ettersom totalstasjonen og totalstasjonens kontroller har mulighet til å benytte bygningsmodeller som stikningsdata, kan den derfor benytte seg av bygningsmodeller som allerede finnes i prosjektet.

Undersøkelser på byggeplass

Som beskrevet i avsnitt 8.1 ble det gjennomført observasjoner ved tre forskjellige anledninger. Videre i dette avsnittet vil de forskjellige observasjonene beskrives gjennom observasjonslogger hvor arbeidsprosessen vil beskrives. Undersøkelsene på byggeplassen ble gjennomført i etterkant av den nødvendige opplæringen av betongbasen, som da på egenhånd kunne gjennomføre stikningsarbeidet.

Observasjon 1

I forbindelse med undersøkelsene på byggeplassen den 19.03.2019, skulle betongbasen på byggeprosjektet stikke ut plasseringen til forskjellige bygningskomponenter. Dette innebar plassering av forskaling for et plasstøpt betongdekke med tilhørende balkonger, tillegg til plassering av stålsøyler og nedsenker i betongdekket for badekabiner. Figur 8.1 illustrerer betongdekket med tilhørende stålsøyler som skulle stikkes ut ved denne anledningen. Figuren er illustrert i Solibri Model Checker.

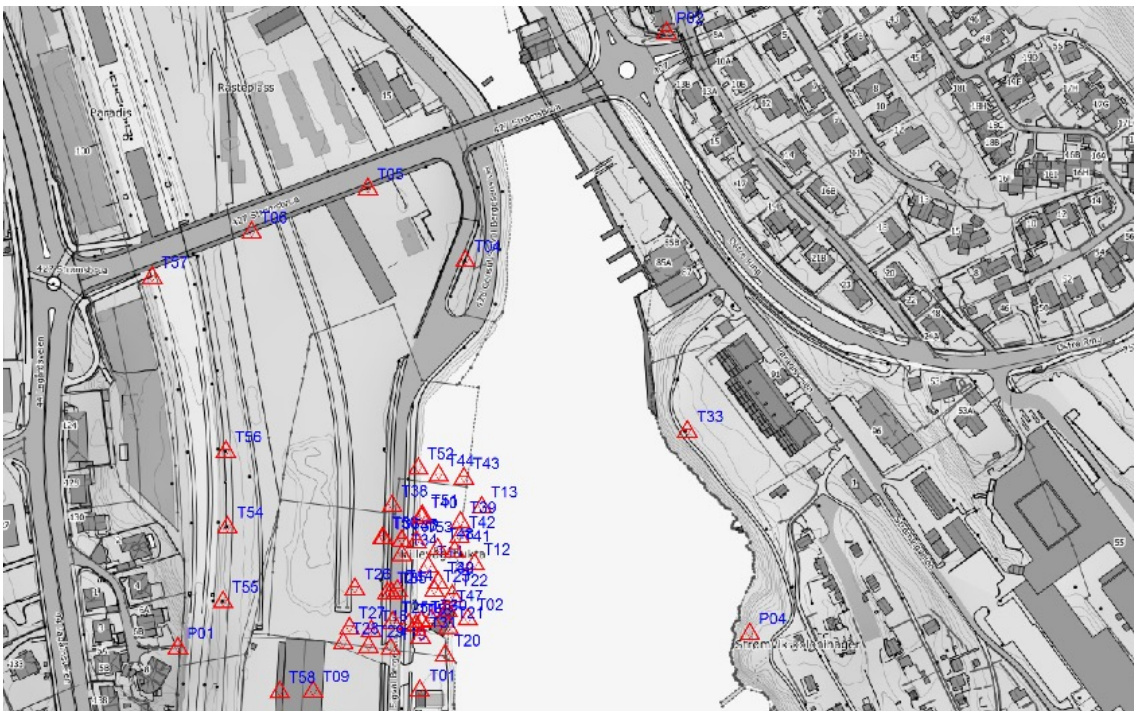


Figur 8.1 Skjermdump fra Solibri Model Checker som illustrerer betongdekket for 4. etasje ved boligprosjektet

Arbeidet startet kl. 07.15 med oppstilling av totalstasjonen. Betongbasen plasserte da totalstasjonen på toppen av de allerede støpte betongveggene fra etasjen under. Figur 8.2 illustrerer denne plasseringen. Totalstasjoen ble plassert på toppen av betongveggene for å unngå vibrasjoner og bevegelser som kan oppstå i dekkeforskalingen.

Figur 8.2 Bilde fra byggeplass. Totalstasjon plassert på betongvegger.

For å stille opp totalstasjonen må kjente punkter måles inn for at den skal kunne beregne sin plassering i koordinatsystemet. Disse kjente punktene kalles fastmerker og er ofte prismer eller prismetaper som er plassert på strategiske plasser som brukes til å finne totalstasjonens plassering i koordinatsystemet. Disse merkene er tidligere blitt målt inn av en profesjonell landmåler som har angitt alle fastmerkenes koordinater. Figur 8.3 illustrerer et kartutsnitt med fastmerkene som er blitt etablert i forbindelse med byggeprosjektet.

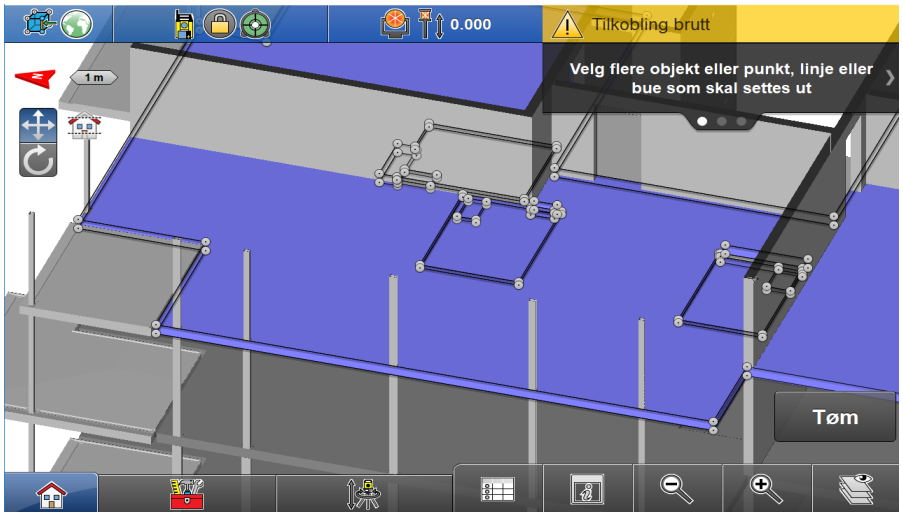


Figur 8.3 Utklipp fra fastmerkeplot for boligprosjektet. Se bilag B-3 for full figur.

Ettersom undersøkelsen ble avholdt i mars, møtte betongbasen umiddelbart på utfordringer ved oppstillingen av totalstasjonen. Over natten hadde det kommet et tynt lag med frost på ett av prismene. Det medførte at totalstasjonen ikke kunne måle inn dette fastmerket. Når totalstasjonen har målt inn to fastmerker, vil den på egenhånd kunne beregne sin plassering i koordinatsystemet. Det anbefales likevel å benytte flere enn to fastmerker ved oppstilling for å oppnå høyest mulig nøyaktighet på oppstillingen. Mens totalstasjonen måler inn fastmerkene, vil den kontinuerlig gi brukeren tilbakemelding på nøyaktigheten for målingene mot de forskjellige fastmerkene. Når betongbasen hadde målt inn seks fastmerker, sjekket han hvilken kvalitet totalstasjonen hadde beregnet på oppstillingen. Her valgte han bort én av målingene som hadde et nøyaktighetsavvik større enn 3 millimeter for å få den beste kvaliteten på oppstillingen. Med fem målinger til fastmerker med et avvik på inntil 3 millimeter, valgte betongbasen å godkjenne oppstillingen. Som en kvalitetskontroll av oppstillingen ble det valgt å kontrollere en bygningsakse som var plassert ved en tidligere anledning. Figur 8.4 illustrerer hvordan en bygningsakse utstukket ved en tidligere anledning blir kontrollert før oppstart av utstikning. Fra figuren kan vi se at den røde streken er en bygningsakse markert med krittsnor. Ved å plassere prismet på denne streken forteller totalstasjonens kontroller at prismet skal flyttes tre millimeter for å samsvare med den teoretiske verdien. Et avvik på tre millimeter bør aksepteres da det også er i tråd med utstyrets interne kvalitetsbegrensninger.

Figur 8.4 Bilde fra byggeplass. Kontroll av bygningsakser stukket ut ved tidligere anledninger.

Omtrent et kvarter senere var oppstillingen av kikkerten fullført og kontrollert, og dermed klar for å brukes til inn- og utmålinger. Ettersom stikkingen skulle foregå dirkete fra en bygningsmodell, åpnet betongbasen modellen i kontrolleren. På denne måten kunne betongbasen enkelt velge mellom de forskjellige komponentene i modellen. Ved å velge en komponent fra modellen, vil kontrolleren selv definere linjer og punkt som definerer komponentenes geometri. En av linjene som symboliserte betongdekkets kant ble så valgt. Figur 8.5 illustrerer hvordan linjer og punkt fra objekt i bygningsmodellen kan velges som stikningsdata i totalstasjonens kontroller.



Figur 8.5 Skjermdump fra totalstasjonens kontroller.

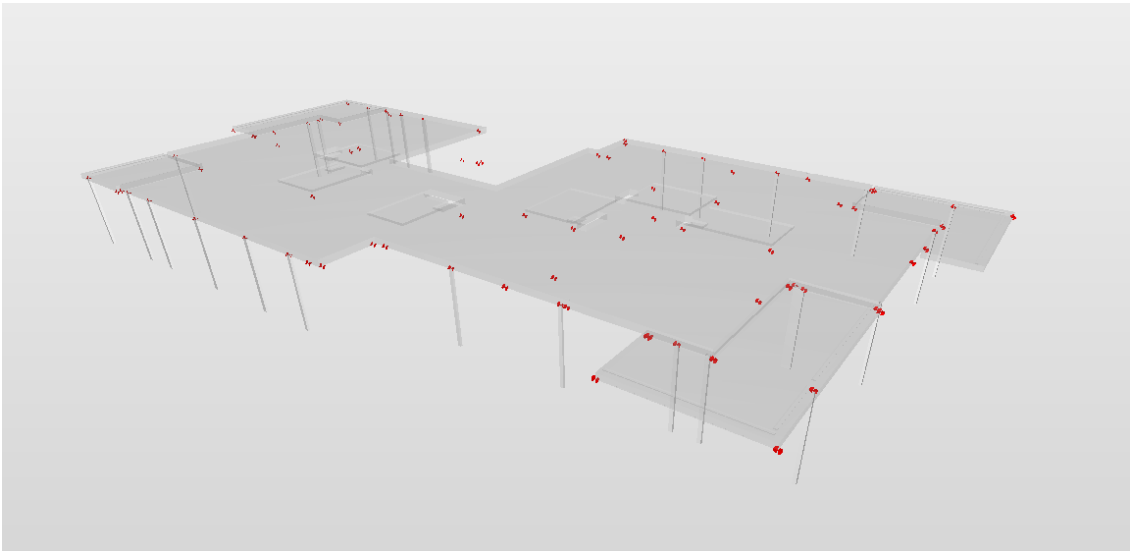
For å kunne plassere denne linjen på byggeplassen, måtte det opprettes kontakt mellom totalstasjonen og et prisme. Dette gjøres ved at totalstasjonsfunksjon for prismesøk aktiveres. Totalstasjonen vil da på egenhånd starte å søke etter prisme. Når den har funnet prismet som skal brukes, kan en prismelås aktiveres. Det medfører at totalstasjonen vil forbli låst mot dette prismet. Totalstasjonen vil derfor spore prismet når det flyttes rundt. For at prismelåsen skal forbli aktivert, kreves det visuellsikt mellom prismet og totalstasjonen. Deretter vil totalstasjonen kontinuerlig måle avstander og retningsvinkler til prismet. Basert på avstanden og vinklene kan totalstasjonen bestemme prismets plassering i koordinatsystemet. Informasjonen om prismets plassering vil kommuniseres til brukeren gjennom totalstasjonens kontroller. Basert på denne tilbakemeldingen kunne betongbasen justere plasseringen av prismet for å treffe linjen han tidligere hadde valgt i bygningsmodellen. Figur 8.6 illustrerer utstikkingen av betongdekkekanten som ble valgt. Som figuren illustrerer, må prismet flyttes to millimeter for å treffe den teoretiske linjen som skal plasseres.

Figur 8.6 Bilde fra byggeplass. Utstikking av betongdekkekant.

Når tilbakemeldingen fra totalstasjonen indikerte at prismets plassering i den virkelige verden stemmte overens med verdiene fra totalstasjonen, ble punket lagret i kontrolleren som dokumentasjon på at det var plassert. Videre satte betongbasen et merke for å indikere hvor punktet var på byggeplassen. I dette tilfellet valgte betongbasen å sette en spiker ned i formen. I tillegg til spikeren, ble det samtidig merket om punktet symboliserte en retning på en linje eller et hjørnepunkt. På den måten ble det utstakede punktet gjort visuelt for de andre arbeiderene, samtidig som at det ble dokumentert digitalt hvilket punkt som ble stukket ut.

Deretter kunne betongbasen, på samme måte som ved valg av linje på betongdekkekanten, velge en annen linje eller et annet punkt fra den samme komponenten eller en annen komponent i modellen.

Klokken 11 var stikningsarbeidet unnagjort. Betongbasen hadde siden han startet kl. 07.15, plassert ut 105 punkt på byggeplassen. På denne tiden hadde han stukket ut plasseringen av søyler, punkt for badekabiner, aksepunkt og punkt for plassering av plasstøpte betongkonstruksjoner. Figur 8.7 illustrerer resultatet fra utstikningen ved denne anledningen, ført tilbake igjen til bygningsmodellen.

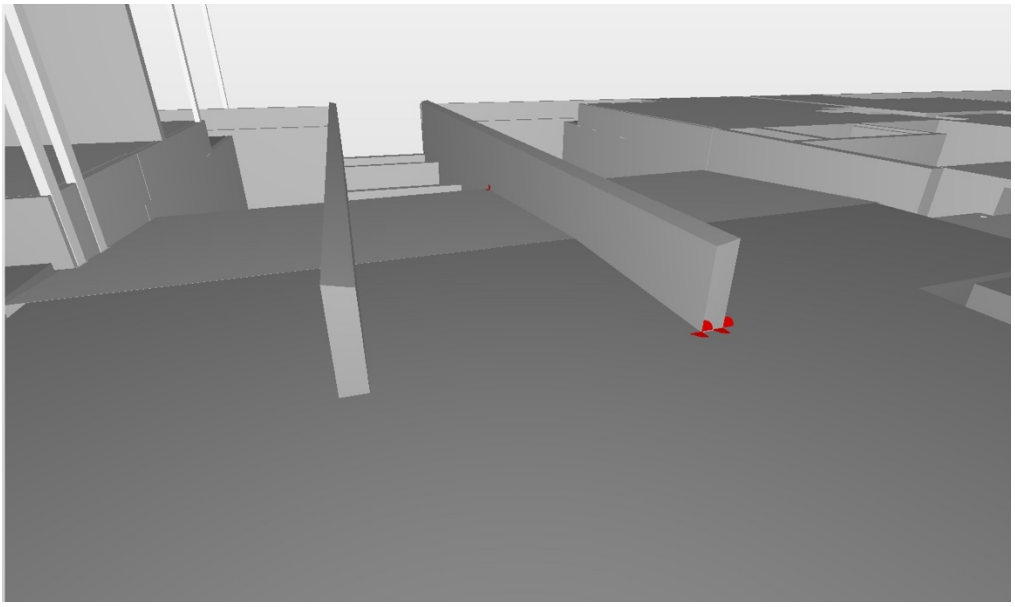


Figur 8.7 Skjermdump fra Solibri Model Checker som illustrerer resultatet av stikningen ført tilbake til BIM.

Observasjon 2

På lik linje som ved forrige observasjon, skulle det stikkes ut punkter som skulle brukes ved bygging av stedstøpte betongkonstruksjoner. Ved denne anledningen var det betongkonstruksjoner i tilknytning til en gangrampe. Denne rampen skal benyttes for å gi adkomst til de seks blokkene som er plassert oppå en felles parkeringskjeller.

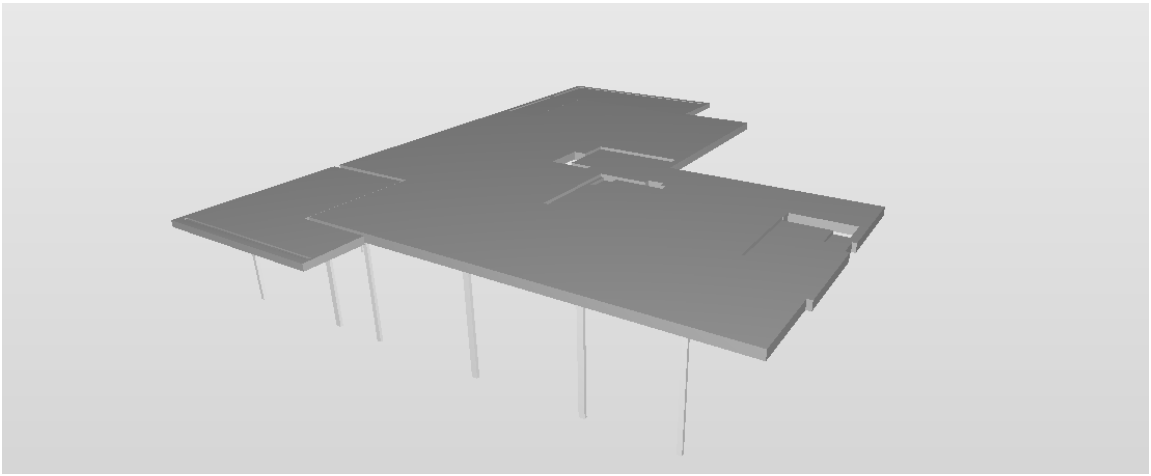
Arbeidet startet med oppstilling av totalstasjonen. Betongbasen som skulle utføre stikningsarbeidet hadde i forkant vært ute på plassen for å planlegge hvor totalstasjonen kunne plasseres for å få sikt til et tilstrekkelig antall fastmerker. Etter oppstilling kunne betongbasen på sammen måte som beskrevet i Observasjon 1, velge den bygningskomponenten han ønsket å plassere direkte fra BIM. Omtrent 30 minutter senere hadde betongbasen plassert ut de fire punktene som var nødvendige for å kunne bygge gangrampen. Figur 8.8 illustrerer betongkonstruksjonen som skulle stikkes ut, sammen med dokumentasjon på de utstakede punkt ført tilbake til modell.



Figur 8.8 Skjermdump fra Solibri Model Checker som illustrerer resultatet av stikningen ført tilbake til BIM.

Observasjon 3

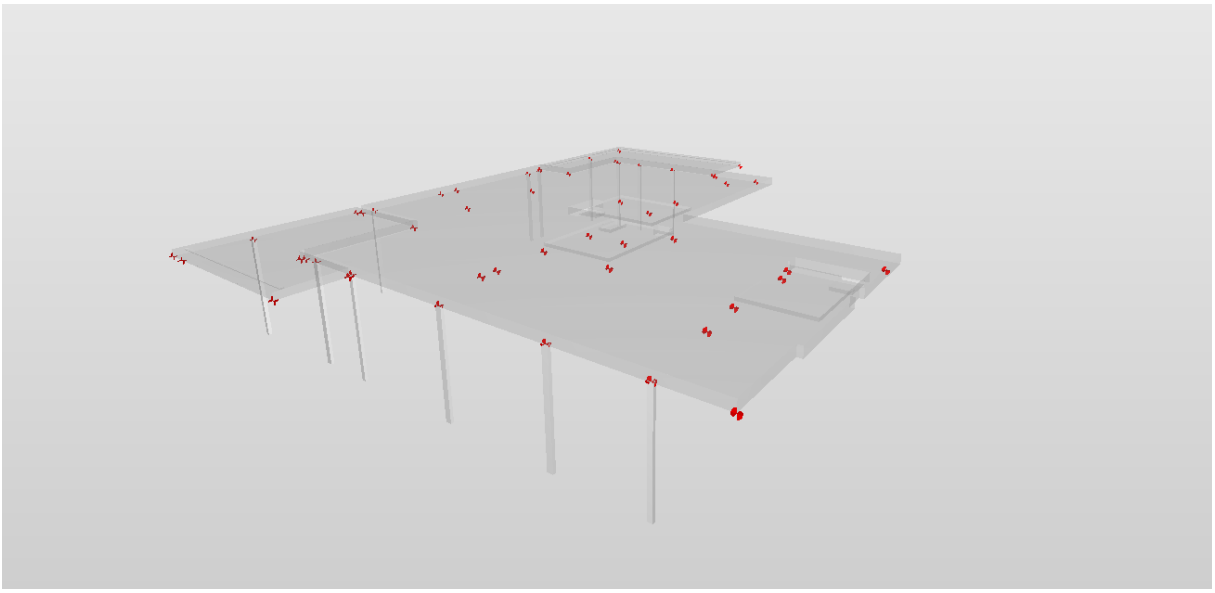
Ved observasjon 3 var det igjen tid til å bestemme plasseringen for nye stedsstøpte betongkonstruksjoner for en ny etasje. Dette innebar at forskaling til plasstøpt betongdekke, balkonger og stålsøyler måtte plasseres ut på byggeplassen. I tillegg ble også bygningsakser stukket. Figur 8.9 illustrerer betongdekket med tilhørende stålsøyler som skulle stikkes.



Figur 8.9 Skjermdump fra Solibri Model Checker. Betongdekke over 5. etasje på boligprosjektet.

Klokken 09.30 startet betongbasen med oppstilling av totalstasjonen, og startet å måle inn fastmerker for å bestemme plasseringen av totalstasjonen i koordinatsystemet. Utstikningsprosessen ble gjennomført med samme fremgangsmåte som beskrevet i Observasjon 1, hvor betongbasen selv kunne velge hvilke objekter han ønsket å stikke ut direkte fra bygningsmodellen. Mot slutten av stikningsprosessen oppstod det en teknisk svikt i totalstasjonens programvare. Dette medførte at betongbasen måtte gjenoppstarte totalstasjonen, og gjennomføre oppstillingsprosessen på nytt. For å kontrollere at det ikke var skjedd en feil innen den tekniske svikten fant sted, kontrollerte betongbasen plasseringen på det han hadde stukket ut ved forrige oppstilling. Gjennom denne kontrollen kunne

betongbasen konkludere med at det stemte, og utstikningsprosessen kunne fortsette. Figur 8.10 illustrerer resultatet fra det som ble stukket ut ved denne anledningen.



Figur 8.10 Skjermdump fra Solibri Model Checker som illustrerer resultatet av stikningen ført tilbake til BIM.

8.1.2. Resultater

I etterkant av undersøkelsene gjennomført på byggeplassen ble det avholdt intervju med de involverte parter. Det ble derfor avholdt intervju med prosjektleder og byggeleder fra prosjektadministrasjonen, i tillegg til betongformann og betongbas fra produksjonen. Formålet med intervjuene var å kartlegge hva slags effekter totalstasjonen hadde gitt prosjektet.

BIM i prosjektet

Ettersom dette prosjektet undersøker hvordan BIM kan få en større rolle i produksjonen ved å ta i bruk en totalstasjon for å skape en sammenkobling mellom BIM og byggeplass, startet intervjuet med å avdekke intervjuobjektenes erfaringer og holdninger til bruk av BIM. I forbindelse med intervjuene kom det frem at BIM var mest brukt til prosjektering og prosjektenes tidligfase, primært før byggeprosessen startet. BIM ble blant annet benyttet til å gjennomføre tverrfaglige kollisjonskontroller i tillegg til mengdeuttak ved kalkyler og kontraheringer.

I forbindelse med produksjonen ble det beskrevet at det brukes flate tegninger (2D tegninger) når det skal bygges. Likevel kom det frem at BIM i produksjonsfasen hovedsakelig ble bruk til visualisering av det som skal bygges. Visualiseringen ble tatt i bruk for å sette seg inn i det som skal bygges, i tillegg til at det ble brukt som et visuelt verktøy og en plattform for diskusjoner av løsninger og byggetekniske detaljer. I forbindelse med visualisering ble det også beskrevet at måltakingsfunksjon ble mye brukt. Videre ble funksjoner som mengdeuttak trukket frem, da denne funksjonen ble brukt i forbindelse med både bestillinger og sluttoppgjør med underentreprenører.

Effekter tilknyttet stikking fra BIM

Videre i intervjuet ble de involverte parter bedt om å beskrive hva slags effekter som hadde blitt erfart gjennom testprosjektet ved bruk av en totalstasjon på prosjektnivå. Disse effektene var forbundet med

tid, kvalitet og økonomi. I tillegg ble det også undersøkt hva slags utfordringer som ble møtt ved å ta i bruk en totalstasjon som et verktøy i produksjonen.

Tid

I forbindelse med opplevde effekter knyttet til tidsforbruket ved å ta i bruk totalstasjonen for plassering av bygningskomponenter, beskriver intervjuobjektene at det vil være vanskelig å måle den nøyaktige tidsgevinsten. Betongbasen på prosjektet, som selv utfører stikkingen, beskriver at når bygningskomponentene blir plassert ved hjelp av den tradisjonelle metoden vil komponentene bli målt ut etter hvert som de bygger. Dette er i motsetning til bruk av totalstasjonen hvor alt måles ut samtidig. Likevel estimerer betongbasen at det vil være en besparelse på 4 til 5 timer for hvert betongdekke (etasje), sammenlignet med tradisjonelle metoder for utmåling. Han forteller at det forsvinner mye tid når han uansett må bistå den eksterne landmåleren i stikkingen, vise de rundt på plassen og samtidig forklare landmåleren hvor det skal stikkes og hva som skal stikkes. Videre trekker basen frem fordeler ved å utføre stikkingen selv. Han beskriver at det gir en større fleksibilitet ved at han selv kan bestemme når stikkingen skal skje, og tid brukt på venting på en ekstern landmåler vil elimineres.

Kvalitet

Selv om tid trekkes frem som en faktor som har gitt prosjektet en stor gevinst, uttrykker prosjektadministrasjonen at den største gevinsten ligger tilknyttet kvalitetsaspektet. De påpeker at det har vært en stor nedgang i avvik relatert til plassering av bygningskomponenter for bærende konstruksjoner. I tillegg påpeker de at avvik knyttet til feilplassering av et byggs bærende konstruksjoner ofte medfører store kostnader når feilen skal utbedres. Det hevdes derfor at det har vært store kvalitetsmessige gevinster tilknyttet bruk av totalstasjonen, ettersom alt plasseres ut med stor nøyaktighet og at det blir rett første gang det bygges.

Videre hevder betongbasen at han opplever mindre feil på det som blir stukket, og at tilnærmet alt blir bygget riktig. Han trekker frem at det er fordelaktig med fleksibiliteten ved å stikke selv, ettersom han vet best selv hvilke punkter og informasjon som er nødvendig for å kunne utføre arbeidet. Det blir også trukket frem fordeler ved at stikningsdata kan hentes direkte ut fra bygningsmodeller, ettersom alle komponenter som skal bygges finnes i modellen.

Intervjuobjektene hevder at det stikkes flere punkt enn før. Tidligere ble det stukket et aksekryss i hver leilighet som ble brukt som utgangpunkt for alt videre arbeid. Når alt stikkes ut ved hjelp av totalstasjonen medfører det høyere kvalitet på alt som bygges. I tillegg uttaler betongformann at den proaktive formen for kvalitetskring kan bidra til at feil oppdages tidlig i byggefasen, slik at overraskelser som vil oppstå ved senere tidspunkt kan unngås.

Likevel påpekes det at det alltid vil finnes menneskelige feil. Selv om noe stikkes korrekt, kan det oppstå misforståelser som eksempelvis kan føre til at en innstøpningsplate havner på feil side av en strek. Intervjuobjektene fra prosjektadministrasjonen hevder derfor at det er viktig at den som utfører stikkingen har kontroll på det, og at det ikke gjøres feil med stikkingen. Videre påpeker prosjektadministrasjonen at det er ukjent om det er en effekt av å ta i bruk totalstasjonen, eller om det er arbeidernes fokus på nøyaktighet og kvalitet som har ført til denne forbedringen i kvalitet.

Økonomi

Når det gjelder økonomiske gevinster beskriver prosjektadministrasjonen at de store økonomiske gevinstene ligger tilknyttet tids- og kvalitetsaspektet. Den største effekten hevdes å være at avvik forbundet med feilplassering av bygningskomponenter nå er luket bort. I tillegg uttrykker de at det vil være en økonomisk gevinst i forbindelse med at det ikke lenger er et like stort behov for eksterne stikkere på byggeplassen. Likevel påpeker de at det vil bli brukt penger på stikking uansett om det er en ekstern landmåler eller betongbasen på prosjektet som gjør det. Prosjektadministrasjonen estimerer imidlertid at det vil være en besparelse på omkring 10 til 15 tusen kroner i måneden ved å gjennomføre stikkingen med intern arbeidskraft. Det påpekes også som en fordel og en viktig faktor at den som skal utføre stikkingen får gjøre det når det trengs, i tillegg til at den som skal utføre jobben vet best hvilken informasjon som trengs for å starte byggingen.

Utfordringer med stikking fra BIM

I tillegg til å beskrive opplevde gevinster gjennom testprosjektet, ble intervjuobjektene spurt om utfordringer knyttet til testprosjektet. Gjennom intervjuene beskriver de involverte partene at det har vært få utfordringer. De største utfordringene har vært forbundet med opplæring av utstyret. Basen beskriver selv at det var litt utfordringer i starten da han skulle læres opp for å bruke utstyret. Det var mye nytt å lære seg. Han påpeker likevel at når ny teknologi skal tas i bruk, må uansett noe form for opplæring påregnes. Videre hevder han at opplæringen gikk relativt smertefritt. I forhold til opplæringsprosessen viser basen til at det var fordelaktig å ta opplæringen etappevis, slik at det ikke ble for mye nytt på en gang. Avslutningsvis påpeker basen at de utfordringene han møter i dag er tilknyttet oppstillingen, da det kan være utfordrende å få sikt til nok fastmerker for å få sikre en god kvalitet på oppstillingen.

Stikking fra BIM på kommende prosjekter

Alle intervjuobjektene er enige i at stikking fra BIM helt klar er fremtiden, og at dette er en kompetanse som kan bli viktig fremover. I tillegg beskriver de at det finnes tendenser til at BIM vil bli mer vektlagt i fremtiden, og da spesielt med tanke på prosjekt med krav om tegningsløs gjennomføring. Prosjektadministrasjonen uttaler at når bransjen skal digitaliseres, må også formenn, baser og andre arbeidere digitaliseres. Ved å ta i bruk en totalstasjon vil basen bidra til at digitale verktøy kommer ut på byggeplassen.

I forhold til kommende prosjekt beskriver prosjektadministrasjonen at organisering av stikking må vurderes fra byggeprosjekt til byggeprosjekt. Det kan løses ved at det blir ansatt en som er ekspert på feltet, eller at noen i prosjektteamet får opplæring i bruk av utstyret slik som i dette tilfellet. I prosjektteamet kan det for eksempel være en bas, formann eller en annen person som er involvert i byggeprosjektet, som blir opplært og får ansvaret for stikkingen. I forbindelse med opplæring av egne arbeidere påpekes det at det kan være vanskelig å tvinge noen til å ta i bruk ny teknologi som dette, men at det i stor grad må være frivillig. I tillegg blir det også vektlagt at det må være rett person som får ansvaret. Gjerne en som er dedikert, og med interesse for det. I tillegg beskrives kultur som en faktor som kan påvirke hvor mottagelig hver enkelt person er for å ta i bruk ny teknologi som dette. Basen hevder at det helt klart finnes ansatte i bedriften som vil kunne lære seg å bruke totalstasjonen. Likevel påpeker han at det er en fordel å ha litt kjennskap til BIM, og hvordan modellene er bygget opp, i tillegg til å ha vært tilstede når ekstern landmåler har vært på byggeplassen. Dette er en kompetanse som må vedlikeholdes, gjerne ved at utstyret brukes jevnlig, slik at kompetansen ikke blir

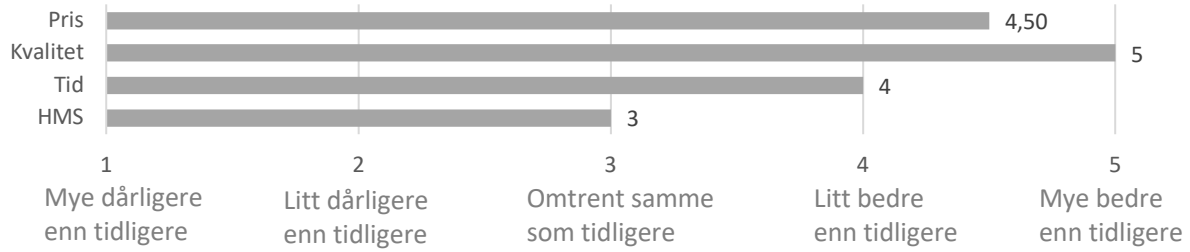
glemt. Han uttrykker også at det vil være fordelaktig at det ikke er for mange på byggeprosjektene som bruker utstyret, med tanke på at utstyret er dyrt å erstatte. Få brukere vil medføre et helt annet eierforhold til utstyret.

Det vil være fordeler med at informasjonen fra totalstasjonen kan føres tilbake til BIM, da denne informasjonen kan benyttes i forbindelse med kvalitetssikring av det utførte arbeidet i tillegg til å skape en sporbar historie på det som er utført. Betongformannen ser for seg at arbeid i fremtiden også vil overleveres digitalt til de neste fagene som kommer, for eksempel ved at betongkonstruksjonens plassering blir dokumentert ved hjelp av totalstasjon eller tilsvarende.

Kvalitative data

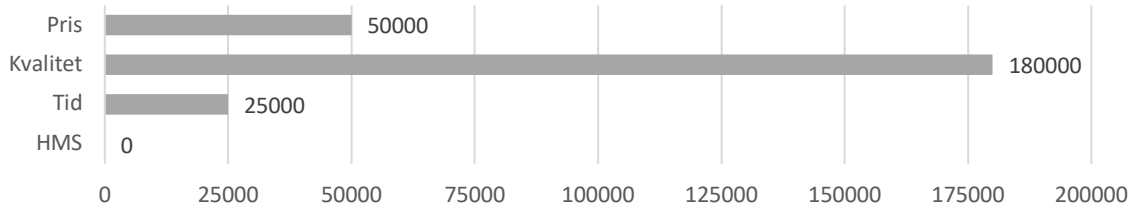
I tillegg til intervjuene i etterkant av testperioden på byggeplassen, ble de involverte partene bedt om å tallfeste effekten totalstasjonen hadde medført. De ble bedt om å vurdere effekter knyttet til pris, tid, kvalitet og HMS ved hjelp av en tallskala, i tillegg til å estimere en økonomisk kostnad eller gevinst tilknyttet bruken av totalstasjonen i prosjektene, se appendiks A-6 for resultat fra spørreskjemaet.

I forbindelse med tallfesting av effektene ble det benyttet en tallskala fra én til fem, hvor én symboliserte at totalstasjonen hadde medført en mye dårligere prestasjon sammenlignet med slik situasjonen var før totalstasjonen ble tatt i bruk. To symboliserte at det hadde vært en liten negativ endring, tre symboliserte at prestasjonen var omtrent som før implementeringen, mens fire og fem betydde at det henholdsvis var en litt bedre og mye bedre prestasjon. Figur 8.11 illustrerer vurderingen av de erfarte effektene ved implementering av totalstasjonen i boligprosjektet.



Figur 8.11 Vurdering av totalstasjonens effekter ved boligprosjektet.

I tillegg til å vurdere effekten totalstasjonen hadde gitt prosjektet ved hjelp av en tallskala, ble prosjektledelsen bedt om å estimere om det var en ekstra kostnad eller gevinst tilknyttet bruk av totalstasjonen. Den ekstra kostnaden eller gevinsten skulle knyttes til aspektene pris, kvalitet, tid og HMS. Figur 8.12 gjengir resultatet fra prosjektledelsens estimering av gevinster ved bruk av totalstasjon, ettersom det kunne ikke rapporteres om ekstra kostnader medført av totalstasjonen.



Figur 8.12 Estimering av totalstasjonens økonomiske gevinster ved boligprosjektet (tall i NOK)

Fra Figur 8.12 kan man lese at den største gevinsten er knyttet til en forbedring av kvalitet på det som blir bygget. I tillegg kan man lese at totalstasjonen har medført en økonomisk gevinst tilknyttet pris og tid, noe som stemmer overens med prosjektledelsens vurdering av effekter fra Figur 8.11. Tidsforbruk og annen informasjon som antall oppstillinger og antall punkt tilknyttet observasjonene ble også notert. Denne informasjonen er representert i Tabell 8.2

Observasjon	Total tidsforbruk	Antall oppstillinger	Antall punkt stukket	Punkt stukket pr. time
1	3 timer og 45 min	2	105	28
2	30 min	1	4	8
3	2 timer	2	52	26

Tabell 8.2 Kvantitativ informasjon fra observasjoner ved boligprosjektet.

Fra Tabell 8.2 kan vi se at det finnes en variasjon knyttet til antall punkt stukket pr. time. Mellom observasjon 1 og 3 er det en liten differanse i antall punkt stukket pr. time, mens ved observasjon 2 kan man lese at det er en stor nedgang i antall punkt stukket pr. time. Dette avviket kan nok skyldes at det må påregnes å bruke tid på oppstilling og frakting av utstyr til byggeplassen. Det kan fastslås at andelen effektiv tid brukt på utstikning ved observasjon 1 og 3 vil være betraktelig mye større, ettersom det kan medregnes et tidsforbruk på 15-20 minutter tilknyttet oppstilling og rigging av utstyret.

8.2. Skoleutbygningsprosjekt

I forbindelse med skoleutbygningsprosjektet skulle det opprinnelig bli benyttet en borerobot for merking og boring av oppheng i taket for tekniske installasjoner. Men på grunn av problemer hos leverandøren av denne tjenesten, medførte det at leverandøren måtte trekke seg fra prosjektet. Dette førte til at totalentreprenøren måtte søke alternative løsninger for å få jobben gjennomført. Ettersom det tidligere høsten 2018 var gjennomført et testprosjekt med stikking fra modell, ble det undersøkt hvordan kunnskap og erfaringer derfra kunne tas i bruk for plassering av oppheng for tekniske fag. Ettersom stikking fra modell allerede hadde vist seg å være suksessfullt i dette testprosjektet, ble det foreslått som en alternativ løsning til roboten.

Løsningen ble å bruke totalstasjonens funksjon for auto-utsetting, som i praksis betyr at totalstasjonen bruker dens innebygde lasermåler til å automatisk måle ut definerte punkt på gulv eller tak. Ettersom at opphengene skulle monteres i et tak med en takhøyde på 3,8 meter, var det en faktor som umiddelbart ville by på utfordringer. Fra tidligere erfaringer var det uaktuelt å plassere merkene på gulvet da det var mye annet arbeid som skulle foregå på byggeplassen samtidig. Det ble derfor tatt i bruk en sprayboksforlenger, slik at brukeren kunne stå på gulvet å sette et merke i taket ved hjelp av totalstasjonens laser. Figur 8.13 illustrerer hvordan sprayboksforlengeren ble brukt til å sette merker i taket ved hjelp av laseren fra totalstasjonen.

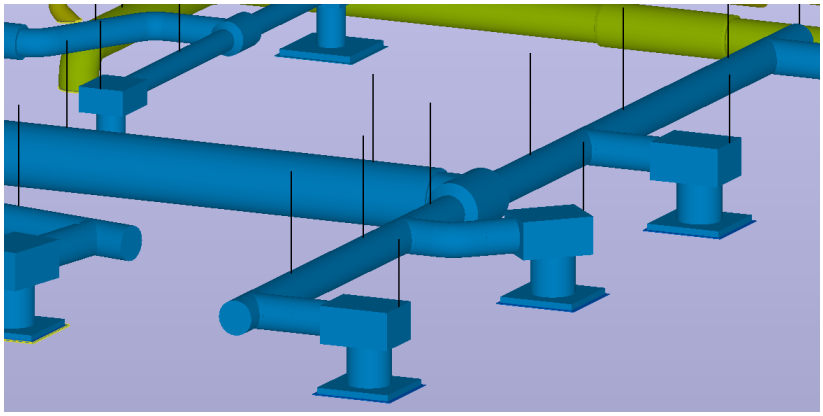
Figur 8.13 Stikking av oppheng i tak ved hjelp av totalstasjon og sprayboksforlenger.

8.2.1. Prosess

Prosjektering

Ettersom plassering og boring av opphengspunkt opprinnelig skulle utføres av en borerobot, ble alle oppheng for tekniske installasjoner prosjektert av firmaet som skulle levere denne tjenesten. I prosjekteringsfasen ble utførende fra de tekniske fagene bedt om å lage en beskrivelse for hvordan opphengene skulle plasseres i tilknytning til installasjonene. I denne beskrivelsen ble for eksempel senteravstanden mellom opphengene på rør beskrevet. Alle opphengene ble modellert i BIM, slik at det kunne gjennomføres kollisjons- og visuelle kontroller av opphengene. I tillegg ble det beskrevet at

roboten kunne jobbe med bygningsmodeller som produksjonsunderlag. Av praktiske årsaker ble opphengene kollisjonssjekket av prosjektøren som hadde mulighet til å gjøre endringer på modellene med opphengene fortløpende. Modellene med opphengene ble levert i IFC-formatet fordelt på fag og etasjer. Eksempelvis var alle oppheng for ventilasjon i 1. etasje lagt i en fil. Figur 8.14 illustrerer bygningsmodell for ventilasjon med tilhørende oppheng på skoleutbygningsprosjektet.

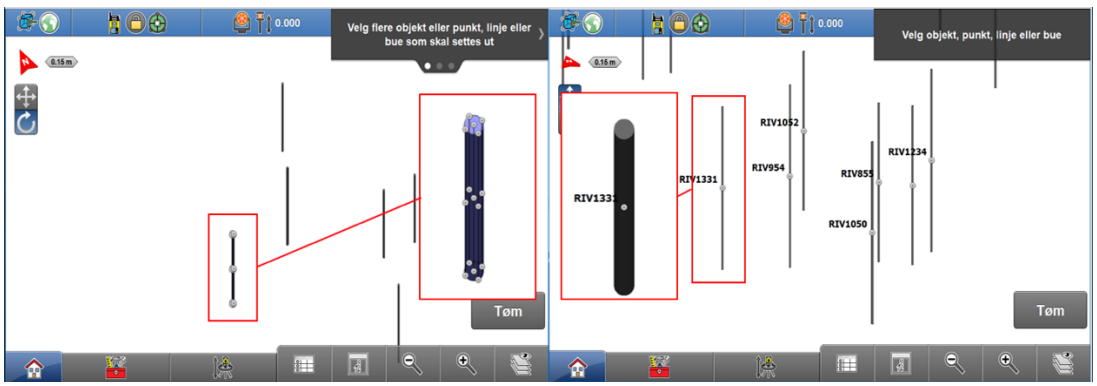


Figur 8.14 Skjermdump fra Solibri som illustrerer bygningsmodell fra ventilasjon og oppheng.

Stikking

Forberedelse av stikningsdata

Selv om totalstasjonens kontroller kan lese og bruke IFC modell som stikningsdata, ble BIM programvaren Revit sammen med Dynamo benyttet for å effektivisere utstikningen ytterligere. Dynamo gjorde det mulig å finne senterpunktet for hvert av opphengene, og å gjengi senterpunktenes koordinater. Punktene ble så eksportert til et format som totalstasjonens kontroller kunne lese, og som kunne benyttes som stikningsdata. Til venstre i Figur 8.15 illustreres det hvordan totalstasjonen vil danne punkt på opphengsobjektenes geometri, mens til høyre i figuren vises det hvordan alle oppheng har fått sitt senterpunkt tilgjengeliggjort ved hjelp av Revit og Dynamo. Til høyre i figuren er det kun valgt å vise opphengene som bakgrunnsdata for å gi en bedre forståelse av sammenligningsgrunnlaget. I forbindelse med valg av stikningsdata vil denne forbedringen effektivisere valget, samtidig som at utfordringer ved valg av rett punkt i objektenes geometri vil forsvinne.

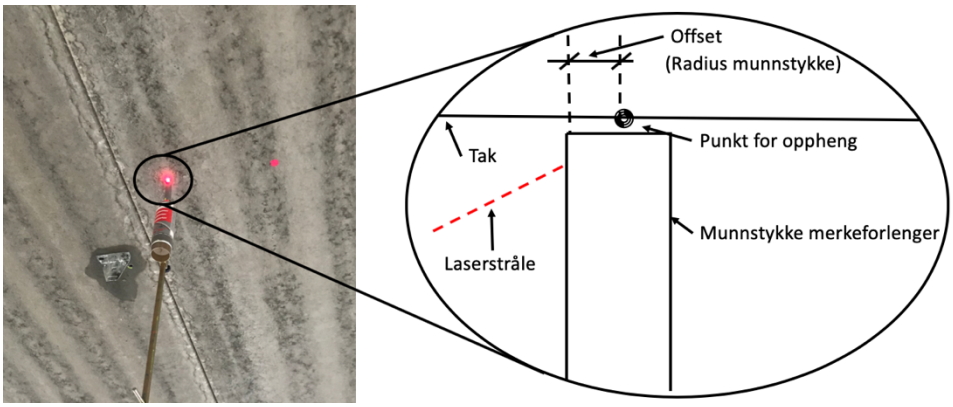


Figur 8.15 Skjermdump fra Leica iCON Build. Til venstre: Opphengsmodell fra IFC-fil lastet inn som stikningsdata. Til høyre: Opphengspunkt generert fra objekt ved hjelp av Revit og Dynamo. Opphengsmodell vises som bakgrunnsdata.

Utstikning

Som beskrevet i avsnitt 8.2, ble utstikkingen gjennomført ved å bruke en totalstasjon som automatisk kunne gjengi plassering av opphengspunkt i taket med sin innebygde lasermåler. Dette ble gjort ved hjelp av totalstasjonens auto-utsetningsfunksjon. I praksis betyr dette at totalstasjonen kan måle ut punkt på en tak- eller gulvflate på egenhånd, kun ved å bruke punktets X og Y koordinater. I tillegg vil kontrolleren fortelle brukeren hvor mye det utmålte punktet avviker i høyde fra det prosjekterte punktet.

I tillegg vil det oppstå en utfordring ved at størrelsen på laserpunktet fra totalstasjon blir større etter hvert som avstanden fra punktet som skal måles øker. Dette gjør det vanskelig å treffe det eksakte punktet som skal merkes. Denne utfordringen ble løst ved å bruke munnstykke på merkeforlengeren som referanse. Når totalstasjonens laser markerer et punkt, settes munnstykket til merkeforlengeren i laserpunktet. Totalstasjonen vil da måle mot forlengeren, og fortelle i hvilken retning og med hvilken avstand den skal flyttes for å treffe punktet. Ved å bruke denne tilbakemeldingen, samt radiusen til merkeforlengerens munnstykke som offset, vil det eksakte punktet kunne merkes ut. Figur 8.16 illustrerer en skisse for prinsippet ved å bruke forlengeren og dens radius som referanse og offset.



Figur 8.16 Skisse av prinsipp for utstikning med sprayboksforlenger i taket.

For å skape et skille og å beskrive hvilke av de tekniske fagene som eier hvilke opphengspunkt, ble det benyttet fargekoder i utmerkingen. Fra Figur 8.17 kan vi se at opphengspunkt for sprinkleranlegget har fått en rosa fargekode. På byggeplassen ble oppheng for rørlegger markert med rosa, ventilasjon med blått og elektriker med gul.

Figur 8.17 Fargekoder for å skille mellom opphengspunkt.

Boring

I forbindelse med boring av hull for opphengspunkt, ble arbeidsoppgaven selv gjennomført av arbeiderne fra de tekniske fagene. Samtidig som hullene ble boret, ble også slaganker montert. Disse vil benyttes når opphengene skal monteres. Når hullene var boret, måtte de markeres på nytt med samme farger som ble brukt under utstikkingene av hullene.

8.2.2. Resultater

For å avdekke og kartlegge hva slags effekter pilotprosjektet hadde medført, ble det gjennomført intervju med involverte parter. Intervjuene ble gjennomført på et tidspunkt hvor stikningsarbeidet var fullført, og noen av de tekniske fagene hadde startet montasjen av sine installasjoner. Formålet med intervjuene var å kartlegge hva slags effekter totalstasjonen hadde gitt. I den sammenheng var det naturlig å snakke med basene fra de tekniske fagene, prosjektledelsen på prosjektet, samt de som utførte stikningsarbeidet.

BIM som produksjonsunderlag

For å avdekke de involverte parters holdninger til bruk av BIM i produksjon, ble intervjuobjektene spurt om hva slags erfaringer de hadde i forbindelse med bruk av BIM. Ingen av intervjuobjektene hadde tidligere vært på prosjekter hvor BIM var hovedproduksjonsunderlag. Det viste seg imidlertid at alle som hadde erfaring fra et eller flere tidligere prosjekt, hadde vært involvert i prosjekter hvor det fantes BIM. På disse prosjektene hadde BIM fungert som et supplement til tradisjonelle 2D tegninger, hovedsakelig brukt for å visualisere det som skulle bygges. Dette ble beskrevet til å gi fordeler ettersom det var mulig å gjennomføre visuelle kontroller av det som skulle bygges. I tillegg ble det påpekt at det var lettere å oppdage kollisjoner mellom forskjellige disipliner i modellen, enn ved bruk av tradisjonelle arbeidstegninger. En av basene uttalte i tillegg at de benyttet BIM for å gjennomføre mengdeuttak fra modell, og kunne dermed forberede materiallister som var oppdelt i soner og etasjer.

Gjennom intervjuene det ble påpekt flere fordeler ved bruk av BIM. Likevel beskrev basene at det ikke bare var fordeler knyttet til bruk av BIM i produksjonen. Spesielt ble det pekt på utfordringer ved at BIM var eneste produksjonsunderlaget på dette prosjektet. Det var vanskelig å ta eksakte mål i modellen som skulle brukes til plassering av komponentene ute på byggeplassen, noe som kunne by på utfordringer i forbindelse med måltaking mellom rør, kanaler og andre komponenter.

Effekter tilknyttet stikking av opphengspunkt med totalstasjon

De involverte partene ble bedt om å beskrive hva slags effekter testprosjektet hadde medført, eller på sikt kunne gi. Intervjuobjektene ble i den sammenheng spurt om effekter i forbindelse med tid, økonomi og kvalitet. På grunn av fremdriftsplanen og rekkefølgen på arbeid var det kun elektriker og rørlegger som hadde benyttet seg av merkene for opphengene. Fra intervju med basene ble det beskrevet at én av de tekniske entreprenørene hadde tatt på seg arbeidet med å bore hull for alle opphengene som var merket ut.

Tid

Arbeidet fra de tekniske fagene var på et tidlig stadium, og kun tre av de fire tekniske entreprenørene hadde kommet så langt at de hadde begynt å benytte seg av merkene for oppheng. Likevel påpekte representanter fra alle de tekniske fagene som hadde startet sitt arbeid, store positive effekter i

forbindelse med tid. Den største tidsbesparelsen ble beskrevet til å være tiden som ble spart når de ikke trengte å gjennomføre utmålinger for plassering av sine installasjoner, i tillegg til at boring for alle opphengene var gjennomført.

Basen med ansvar for sprinkleranlegget beskrev at det var fordeler med å gjennomføre utmålingen på denne måten, ettersom hans arbeid startet på et tidspunkt hvor annet innvendig arbeid ikke var påbegynt. Dette ville gjort utmålingsarbeidet mer tidkrevende, da det var få referansepunkt som eksempelvis innvendige vegger arbeiderne kunne ta utgangpunkt i ved utmåling av opphengsfestene. I tillegg ble det påpekt at ved å starte arbeidet på dette tidspunktet hadde de hele etasjer disponible, og kunne dermed bruke lifter for å skape tilkomst til arbeidet sitt. Dette gav også tidsbesparelser ved montasjen.

Den tekniske entreprenøren som enda ikke var i gang med sitt arbeid, beskrev at det var vanskelig å si noe om tidsbesparelsen. Basen herfra hadde enda ikke hatt mulighet til å kontrollmåle plasseringen av opphengene han skulle bruke, noe han var nødt til å gjennomføre på grunn av sin egen kvalitetssikring. Dersom det skulle vise seg at oppmerkingen ikke stemte, ville det føre til store negative innvirkninger på fremdriften for hans arbeid. Dette ville gjort at alt av utmerking og boring måtte gjøres på ny. Basen påpeker at det er flere faktorer som henger sammen. Han uttrykker mest usikkerhet ved at plasseringen av hans installasjoner må passe med tømrerens innervegger og himling.

Kvalitet

Gjennom intervjuet ble også basene fra de tekniske fagene spurt om det ville ha en effekt på kvaliteten, at de kommer til ferdig utmerket og borede opphengspunkt. Basene beskriver at det ikke ville ha så stor effekt på den helhetlige kvaliteten, da de uansett må levere et tilfredsstillende kvalitetsnivå. Flere av dem påpeker at den største effekten i forbindelse med kvalitet, var at plasseringen av alle rør og installasjoner ble gjort basert på kollisjonskontrollerte modeller. Dette vil medføre at det ikke vil bli kollisjoner mellom oppheng eller installasjoner fra forskjellige fag på byggeplassen. I tillegg ble det nevnt fra basen for rørleggerne at det var en fordel å komme til ferdig utmerkede og borede opphengspunkt. På den måten vil man unngå at noen måler ut feil plassering for sine installasjoner. Likevel påpeker han at det kan bli behov for små lokale justeringer på grunn av komponenter som innervegger og lignende.

Basen med ansvar for sprinkleranlegget påpekte at det hadde medført en negativ effekt i forbindelse med det bygningstekniske regelverket. Selv om han beskriver at de til dels var involvert i prosjekteringen, påpeker han at det har vært misforståelser i forhold til deres beskrivelse om ønsket plasseringer av opphengene. Han mener selv at en løsning på dette problemet ville vært en større grad av involvering av de utførende i prosjekteringsfasen, eller større kunnskap omkring det aktuelle regelverk for de prosjekterende. Dette for å sikre at oppheng blir plassert som ønsket og i tråd med regelverket.

Når man skal gjøre jobben ved å måle ut og bore alle opphengspunkt, må man stole på det forarbeidet som er gjort. Basen fra ventilasjon beskriver at merkene i taket må få status som produksjonsunderlag, gjerne på lik linje som BIM er på dette prosjektet. Noen må derfor akseptere og godkjenne forarbeidet som blir gjort før montasjen kan starte.

Økonomi

I forbindelse med de økonomiske effektene, uttrykker de involverte parter at den største økonomiske besparelsen ville være tilknyttet tiden med å komme til ferdig merkede og borede hull. Basen med ansvar for de elektriske installasjoner hevder at det på sikt vil gi økonomiske besparelser. Basen fra rørleggerne påpeker at deres arbeid er blitt planlagt ut ifra at alle opphengspunkt skulle være utmerket og ferdig boret. Han mener det vil bli en besparelse i forbindelse ved at man unngår merarbeid ved å flytte allerede monterte installasjoner. Dette er noe resten av basene fra de tekniske fagene også støtter. Likevel beskriver basen for ventilasjonsarbeidet at det kan bli store kostnader tilknyttet merarbeidet ved ny utmåling og ny boring av hull, dersom det skulle vise seg at hullene som allerede var merket og boret ikke kunne brukes.

Utfordringer med stikking fra BIM

I tillegg til å avdekke hva slags effekter stikking fra BIM hadde gitt, ble det også spurt om hva slags utfordringer som hadde oppstått gjennom pilotprosjektet.

Basen for rørleggerne beskriver at det i oppstarten av prosjektet var en utfordring tilknyttet produksjonsunderlaget, hvor alle opphengene som var prosjektert hadde en unødvendig liten senteravstand langs rørene. Opphengene til noen av rørene var prosjektert med en senteravstand på 40 cm, hvor basen påpekte at denne imidlertid kunne være 120 cm. Problemet ble løst ved at prosjekterende fikk en oppdatert beskrivelse for hvordan opphengene skulle plasseres. Dermed kunne opphengene modelleres på nytt med ny ønsket plassering. Selv om avstanden mellom opphengene allerede hadde blitt revidert en gang, beskriver basen for rørleggerne at han i ettertid ser han kunne brukt litt mer tid på å gå gjennom BIM for å fjerne unødvendige oppheng. Han mener selv at det kun for hans installasjoner kunne vært fjernet omkring 100 oppheng pr. etasje. Dette er også i tråd med hva basen ansvarlig for sprinkleranlegget beskriver. Han sier at de kun har benyttet seg av ca. halvparten av hullene tiltenkt hans installasjoner. Han forklarer at det har vært noen misforståelser i forhold til hvordan avstanden mellom opphengene skal være. Basen fra rørlegger og sprinkler påpeker at det er første gang de jobber i et prosjekt hvor det tekniske anlegget blir installert på denne måten. De mener det finnes forbedringspotensialer tilknyttet prosjektering av oppheng, og større fokus på gjennomgang og verifisering av modeller for de utførende.

Stikking fra BIM på kommende prosjekt

Selv om noen av basene påpekte utfordringer og rom for forbedring ved måten utmålingen av opphengspunkt ble gjennomført på, mente alle basene at denne måten for plassering av oppheng gjerne kunne tas i bruk på kommende prosjekt.

Prosjektledelsen

I tillegg til å holde intervju med basene fra de tekniske fagene, ble representanter fra prosjektledelsen hos totalentreprenøren spurt om hvordan de opplevdede testprosjektet. Prosjekts trainee, byggeleder og prosjektleder beskriver at stikkingen helt klar må ha en positiv effekt på tiden, som igjen vil kunne bidra til en kostnadsbesparelse.

Byggelederen hevder at sikringsarbeidet med fordel kunne startet enda tidligere, og burde vært fullført før andre arbeidere fikk tilgang til byggeplassen. I den sammenheng påpeker han at det hadde blitt en bedre logistikk på byggeplassen ettersom det ble brukt mye tid på flytting av materiell for å kunne

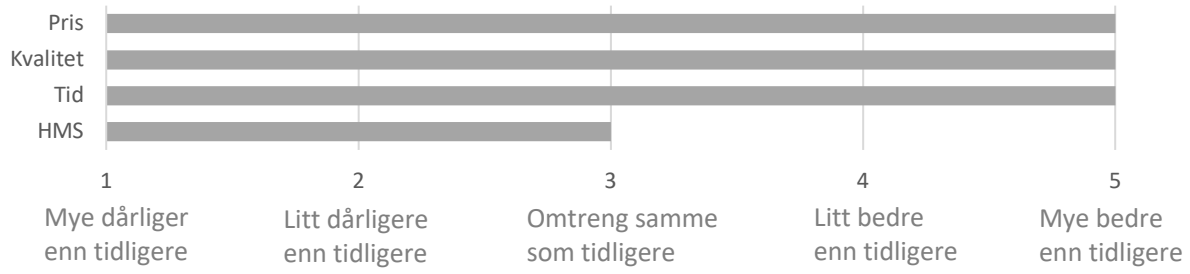
gjennomføre stikningsarbeidet. I tillegg mener han at det kunne blitt benyttet i en større grad og et større omfang. Det kunne i tillegg blitt brukt til å plassere blant annet innvendige vegger og utsparinger. For å sikre kvaliteten på arbeidet, beskriver prosjektets trainee at dataen fra totalstasjonen ble sjekket mot modellene av opphengene som var prosjektert i modell. Selv om det kan nevnes flere positive effekter til bruken av totalstasjonen, påpekes det også at utstikningsverktøyet med fordel kunne vært forbedret for å gi en gevinst tilknyttet HMS. Det er en lite varierende og tung arbeidsoppgave å holde sprayboksforlengerens en hel dag, selv om utstyret reduserer behovet for å jobbe i høyder.

Prosjektledelsen mener at totalstasjonen helt klart kunne vært tatt i bruk på andre prosjekter i fremtiden, men at det vil kreve organisering og planlegging. De tenker spesielt da på at det som blir stukket ut, blir stukket korrekt. De mener at det med fordel kunne vært ansatt en person på prosjektet som hadde utmåling og stikning som sitt ansvarsområde.

Kvantitative data

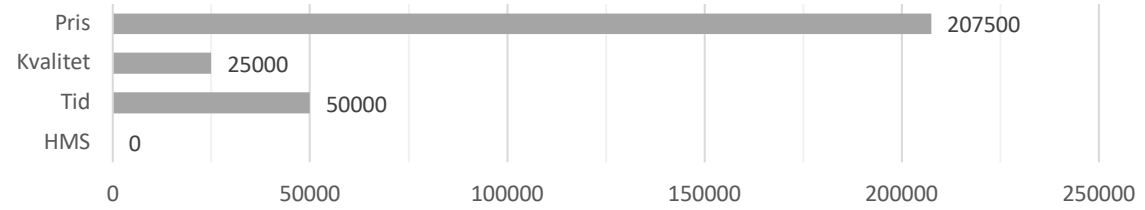
I tillegg til intervju, ble byggelederen ved skoleutbygningsprosjektet bedt om å sette noen tallverdier på effektene ved totalstasjonen. Han ble bedt om å vurdere effektene tilknyttet pris, tid, kvalitet og HMS ved hjelp av en tallskala, i tillegg til å estimere en ekstra kostnad eller gevinst tilknyttet bruken av totalstasjonen i prosjektene. se appendiks A-7 for resultat fra spørreskjemaet som ble benyttet.

I forbindelse med tallfestingen av effektene ble det benyttet en tallskala fra én til fem, hvor én symboliserte at totalstasjonen hadde medført en mye dårligere prestasjon sammenlignet med slik situasjonen var før totalstasjonen ble tatt i bruk. To symboliserte at det hadde vært litt dårlige enn tidligere, tre symboliserte at prestasjonen var omtrent som før implementeringen, mens fire og fem symboliserte at det henholdsvis hadde vært en litt bedre og mye bedre prestasjon. Figur 8.18 illustrerer vurdering av effektene opplevd ved implementering av totalstasjonen i skoleutbygningsprosjektet.



Figur 8.18 Vurdering av totalstasjonens effekter ved skoleutbygningsprosjektet.

Sammen med vurderingen av effekten, ble byggelederen på prosjektet bedt om å knytte en ekstra kostnad eller gevinst til de fire aspektene pris, tid, kvalitet og HMS. Figur 8.19 gjengir byggelederens estimater av gevinster tilknyttet bruk av totalstasjon sammenlignet med tradisjonell metode for utmåling. Det oppgis kun gevinster, da det ikke rapporteres om ekstra kostnader medført av totalstasjonen.



Figur 8.19 Estimering av totalstasjonens økonomiske gevinster ved skoleutbygningsprosjektet (tall i NOK).

Fra Figur 8.19 ser vi at den største gevinsten ved bruk av totalstasjon er relatert til pris, ettersom utmålingen av oppheng ble gjennomført mer effektivt enn det underleverandøren mente var mulig gjennom tradisjonelle metoder for utmåling. I tillegg er det estimert en gevinst tilknyttet kvalitet og tid, noe som stemmer overens med at det blir beskrevet at oppheng merkes ut fra kollisjonssjekkede bygningsmodeller med høy presisjon.

I tillegg ble det også hentet inn data fra prosjektstikkerens timelister, totalstasjonen og opphengenes bygningsmodeller. Denne informasjonen er presentert i Tabell 8.3, se appendiks A-8 for tabellens datagrunnlag. Ved avlesning av tabellen gjøres det oppmerksom på forskjellen mellom «oppheng merket på byggeplass» og «oppheng faktisk merket på byggeplass». Den faktiske verdien inkluderer noen oppheng som ble merket ut på byggeplassen i forbindelse med testing og opplæring av utstyret. I «Oppheng merket på byggeplass» er der derimot oppgitt de opphengene som er tilknyttet stikkernes timeregistrering.

Etasje	Timer brukt	Oppheng merket på byggeplass	Oppheng faktisk merket på byggeplass	Punkt pr. time	Oppheng i modell	Differanse faktisk/modell	% merket
1	34,5	2149	2374	62,3	2744	370	86,5
2	40,0	2794	2794	69,9	3023	229	92,4
3	40,5	2815	2815	69,5	3015	200	93,4
4	40,5	2770	2770	68,4	3066	296	90,3
5	45,0	2750	2750	61,1	2940	190	93,5
Totalt	200,5	13278	13503	65,2	14788	1285	91,3

Tabell 8.3 Data fra timelister, totalstasjon og bygningsmodeller.

Fra Tabell 8.3, kan man se at stikkerne har holdt en jevn produktivitet i arbeidet sitt dersom vi definerer antall punkt markert pr. time som en indikator på produktivitet. Ved avlesning av tabellen, kan vi se at produktiviteten ved 1. og 5. etasje avviker litt fra de andre etasjene. Dette kan skyldes at det i første etasje gikk litt saktere i forbindelse med at det var en opplærings- og innkjøringsperiode. Videre kan man lese at produktiviteten for de andre etasjene økte, ettersom brukerne ble mer erfarne ved bruk av utstyret. Den avtakende produktiviteten i 5. etasje kan skyldes at utstikningen for denne etasjen ble gjennomført av én person.

I Tabell 8.3 beskrives også differansen mellom antall oppheng faktisk utstukket og antall oppheng i modell. Det kan hevdes at den høye differansen skyldes dårlig tilkomst til arbeidsstedet, ettersom det eksempelvis skulle monteres oppheng i taket ved åpne atrium hvor takhøyden overskred rekkevidden til merkeforlengeren. Disse punktene kunne likevel vært markert ved å bruk en lift for å skape tilkomst.

9. Diskusjon og vurdering

Dette kapitelet har til hensikt å være prosjektets diskuterende og vurderende kapittel, i tillegg til å arbeide med underspørsmålene beskrevet i avsnitt 4.1. Det vil diskuteres og vurderes hva slags effekter totalstasjon kan gi byggeprosjektene, i tillegg til teknologiske og organisatoriske utfordringer tilknyttet implementeringen. Resultatet fra diskusjonen og vurderingen skal benyttes i prosjektets konklusjon hvor hovedproblemstillingen vil besvares.

For å kunne besvare problemstillingen etter beste evne, vil det bli benyttet data som er samlet inn i forbindelse med prosjektgjennomføringen gjennom litteratur og undersøkelser på byggeplassen. I forbindelse med undersøkelsene på byggeplass ble det gjennomført intervju og observasjoner ved to forskjellige byggeprosjekt. Disse byggeprosjektene vil i dette kapittelet omtales som boligprosjektet (se avsnitt 8.1) og skoleutbygningsprosjektet (se avsnitt 8.2).

9.1. Effekter ved bruk av totalstasjonen på prosjektnivå

For å kartlegge hva slags effekter totalstasjonen gav byggeprosjektene, ble det gjennomført intervju med de involverte parter. Hensikten med disse intervjuene var å avdekke og kartlegge hva slags effekter de hadde opplevd gjennom testingen av totalstasjonen.

Skogseth & Norberg (2014) definerer totalstasjonen som et utstyr utviklet for å kommunisere informasjon fra teoretiske underlag, og koordinatfeste denne informasjonen på byggeplassen med høy nøyaktighet. Dette ser ut til å være sannheten, da respondenter fra begge testprosjektene påpeker at totalstasjonen har bidratt til å øke kvalitetsnivået på det som blir bygget. Det blir nevnt at det kan skyldes nøyaktighetsnivået totalstasjonen opererer på, i tillegg til at flere punkt vil bli stukket ut. Det ble også påpekt at totalstasjonen hadde bidratt til å redusere antall menneskelige feil tilknyttet måltakinger og feilavlesninger i modell eller tegninger. Den positive kvalitetseffekten ble også beskrevet til å være den største effekten på boligprosjektet. Plassering av komponenter med totalstasjonen hadde medført en stor nedgang i avvik tilknyttet plassering av bygningskomponenter, som igjen ville medføre store økonomiske gevinster ettersom arbeid tilknyttet utbedring av avvik for bærende konstruksjoner ofte er kostbart og krevende.

Det ble også påpekt kvalitetsmessige fordeler knyttet til bruken av BIM som stikningsdata ved skoleutbygningsprosjektet, ettersom alle opphengsfestene for det tekniske anlegget hadde gjennomgått tverrfaglige kollisjonskontroller og var blitt koordinert mot andre objektet i modellen. Dette beskrives som et kritisk punkt da det tidligere fort kunne oppstå konflikter mellom komponenter og oppheng når de tekniske fagene plasserte opphengene selv. Selv om alle installasjonene var kollisjonssjekket, ble opphengene montert etter det de omtaler som «første mann til mølla»-prinsippet. Det kunne derfor ofte oppstå konflikter mellom oppheng og andre bygningskomponenter på byggeplassen, noe som ville medføre et behov for å justere plassering av oppheng på grunn av andres installasjoner. På den måten kan en høy grad av detaljering i bygningsmodeller, helt ned til detaljer som oppheng sammen med tverrfaglige kollisjonskontroller, i stor grad påvirke arbeidet på byggeplassen.

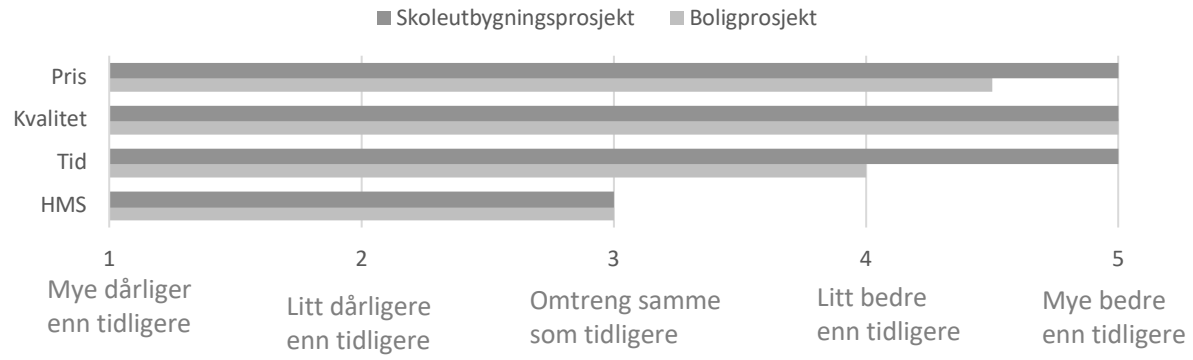
I forbindelse med at opphengsfestene ble plassert med høy presisjon, påpekt respondentene at totalstasjonen i stor grad ville bidra til å redusere behovet for arbeidstegninger. Merkingen av opphengene ville da fortelle arbeiderene hvor deres installasjoner skulle monteres. Det ble derfor påpekt at den ekstra informasjonen som var nødvendig for å starte monteringen, enkelt kunne hentes ut fra BIM-kiosken de hadde tilgjengelig på byggeplassen. Den samme effekten viste seg også på boligprosjektet, hvor betongbasen påpekte fordeler tilknyttet bruk av totalstasjonen og bygningsmodellen som stikningsdata. I den sammenheng ble det påpekt av betongbasen at han hadde den informasjonen han trengte tilgjengelig i modellen. Han kunne enkelt velge mellom punkt og linjer fra objektene i bygningsmodellen og stikke dem ut på byggeplassen, i tillegg til at informasjon tilknyttet objektene, slik som dimensjoner på stålsøyler, også var tilgjengelig.

I tillegg til forbedring av kvaliteten på arbeidet, ble det på begge testprosjektene identifisert store reduksjoner i tid. På boligprosjektet ble det beskrevet at tiden brukt på plassering av bygningskomponenter ville reduseres med omtrent fire til fem timer for hver etasje sammenlignet med tradisjonelle metoder. Ved den tradisjonelle metoden vil bygningskomponenter plasseres ved hjelp av målebånd og bygningsakser plassert av eksterne landmålere. På skoleutbygningsprosjektet beskrev arbeiderne at det ville være vanskelig å beregne en nøyaktig tidsbesparelse, da de ikke hadde sammenligningsgrunnlag fra dette prosjektet med den tradisjonelle metoden for utmåling. Det ble likevel påpekt at utmålingen av alle oppheng ble gjennomført på et tidspunkt hvor det var få referansepunkt som innervegger tilgjengelig, noe som ville gjøre utmålingsprosessen mer tidkrevende. Fra det dem hadde sett ved utmerkingen, ble dette likevel gjennomført mer effektivt enn de kunne gjort selv.

Videre ble det hevdet av respondentene ved begge testprosjektene, at den største økonomiske gevinsten ville være knyttet til gevinstene av økt kvalitet, samt reduksjon i tid brukt til plassering av bygningskomponenter. Det ble også uttrykt økonomiske besparelser relatert til bruken av eksterne landmålere, men at det ville bli brukt midler på stikning uavhengig av hvem som utførte det. Selv om det vil være et redusert behov for eksterne stikkere ved å gjennomføre deler av stikningen selv, vil det fortsatt være behov for å bruke profesjonelle stikkere som en tredjepartskontroll. Både i forbindelse med oppstartsfasen, for å etablere fastmerker på byggeplassen, og for å bestemme byggets plassering i terrenget etter kommunens bestemmelser.

9.1.1. Kvantitative data

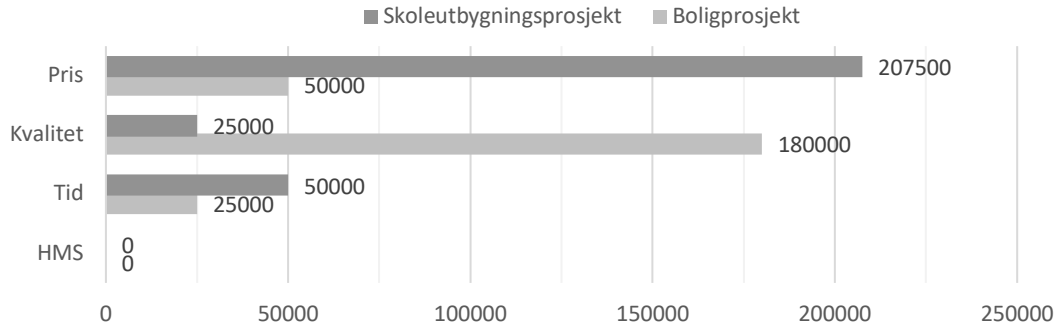
I etterkant av intervjuene ble prosjektadministrasjonen bedt om knytte noen kvantifiserbare faktorer til bruken av totalstasjon. Disse vurderingene ville beskrive hva slags effekter bruken av en totalstasjon hadde gitt prosjektene. Prosjektadministrasjonene ble derfor bedt om å vurdere effektene ved hjelp av en tallskala, i tillegg til å estimere en økonomisk ekstra kostnad eller gevinst medført av totalstasjonen. Denne informasjonen ble først innsamlet i forbindelse med casestudiene, ved bolig- og skoleutbygningsprosjektet, se henholdsvis avsnitt 8.1 og 8.2. Figur 9.1 illustrerer prosjektenes vurdering av hvordan totalstasjonen påvirket prosjektenes pris, kvalitet, tid og HMS gjennom testperioden.



Figur 9.1 Prosjektenes vurdering av totalstasjonens effekter tilknyttet en tallskala.

Fra Figur 9.1 kan man se at begge prosjektene var enige om at implementeringen av totalstasjonen medførte en stor forbedring av kvalitet på arbeidet som var utført. Prosjektene var derimot ikke enige om hvordan totalstasjonen hadde påvirket pris og tid. Prosjektadministrasjonen ved skoleutbygningsprosjektet vurderte at totalstasjonen medførte store gevinster tilknyttet tid og pris, mens boligprosjektet vurderte gevinsten tilknyttet disse faktorene til å være litt bedre enn før. Dette stemmer overens med at det ved boligprosjektet blir påpekt at en forbedring av kvalitet var den største gevinsten. I tillegg var begge prosjektene enige om at totalstasjonen ikke hadde hatt noen endring tilknyttet prosjektenes HMS.

Videre ble også prosjektadministrasjonen fra begge prosjekt bedt om å estimere en økonomisk gevinst eller ekstra kostnad ved bruk av totalstasjon, sammenlignet med tradisjonelle metoder for utmåling av bygningskomponenter. Gevinsten eller den ekstra kostnaden skulle tilknyttes aspektene pris, kvalitet, tid og HMS. Figur 9.2 gjengir prosjektledelsenes estimering av gevinster ved bruk av totalstasjon for utmåling av bygningskomponenter. Det oppgis ikke noen kostnader ettersom det ikke ble rapportert om dette.

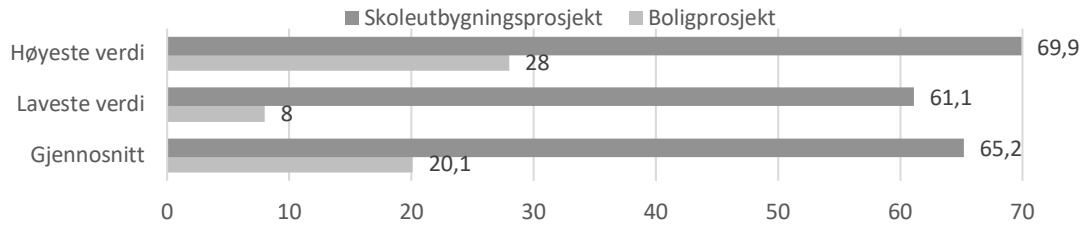


Figur 9.2 Estimering av totalstasjonens økonomiske gevinster ved byggeprosjektene (tall i NOK).

Fra Figur 9.2 kan vi se at den estimerte økonomiske gevinsten samsvarer med det intervjuobjektene ved boligprosjektet beskriver gjennom intervju. De påpeker at den største gevinsten er knyttet til en forbedring av kvalitet. I motsetning til ved boligprosjektet, blir pris vurdert til å være den største økonomiske gevinsten ved bruk av totalstasjonen. Det ble vurdert av skoleprosjektets underleverandører at de ikke kunne gjennomføre utmålingen like effektivt og billig som ved bruk av totalstasjonen. Den prismessige gevinsten ved begge prosjektene vil i den sammenheng være et resultat av at utmålingsprosessen gjennomføres av intern arbeidskraft mer effektivt.

Prosjektenes forskjellige oppfatning av totalstasjonens medførte effekter, kan i stor grad vurderes til å være en kombinasjon av utstyrets forskjellige bruksområder, og at utstyret brukes i forskjellige faser av byggeprosessen. I tillegg kan en vurdering av hvilke prosesser totalstasjonen i realiteten vil erstatte, være en faktor som påvirker denne vurderingen. Bruksområdet til totalstasjonen vil ved skoleprosjektet være utmåling av oppheng for det tekniske anlegget, mens den ved boligprosjektet ble benyttet til utmåling av plasstøpte betongkonstruksjoner.

Videre har det også vært mulig å hente inn informasjon omkring produktiviteten ved utstikningen på prosjektene. Produktiviteten er regnet ut fra hvor mange punkt som ble utstukket pr. time ved hjelp av totalstasjonen. Figur 9.3 illustrerer en sammenligning av produktiviteten mellom skoleutbygningsprosjektet (se avsnitt 8.2.2) og boligprosjektet (se avsnitt 8.1.2).



Figur 9.3 Produktivitet målt i antall hull utstukket pr. time ved byggeprosjektene.

Fra Figur 9.3 kan man se at det ved boligprosjektet ble rapportert om en produktivitet på mellom 8 og 28 punkt utstukket pr. time, og en gjennomsnittlig produktivitet på 20,1 punkt pr. time. Ved skoleutbygningsprosjektet ble det imidlertid rapportert om en gjennomsnittlig produktivitet pr. etasje på mellom 61,1 og 69,9 punkt utstukket pr. time, og en total gjennomsnittlig produktivitet på 65,2 punkt pr. time. Årsaken til denne variasjonen kan nok skyldes at totalstasjonen ble benyttet til utstikning av forskjellige komponenter, i tillegg til utmålingsteknikker. Ved skoleprosjektet ble utstikning av oppheng i tak gjennomført ved hjelp av totalstasjonens auto-utsetningsfunksjon. Ved boligprosjektet ble totalstasjonen brukt til plassering av plasstøpte betongkonstruksjoner, hovedsakelig ved hjelp av prisme. Dette kan antas å ta litt lengre tid enn ved bruk av auto-utsetting.

Som en oppsummering for dette avsnittet, ble det laget en punktoppstilling som vil beskrive hvilke effekter implementeringen av en totalstasjon på prosjektnivå kan medføre:

- Bidra til å redusere behovet for tegninger, ettersom objekt plasseres på byggeplassen direkte fra bygningsmodell.
- Bidra til å øke kvaliteten på det som blir bygget ved at flere objekt stikkes ut, og dermed redusere muligheten for feil som kan oppstå ved tradisjonell utmåling.
- Bidra til en reduksjon i tiden brukt på utmåling av bygningskomponenter, i tillegg til at utmålingen ved hjelp av totalstasjonen kan utføres av én person, hvor den tradisjonelt sett krever to.
- Bidra til større fleksibilitet når arbeiderne på byggeplassen kan stikke selv, i tillegg til at arbeiderne kan få den informasjonen som er nødvendig for å bygge.
- Bidra til å skape en digital og sporbar historie på det som blir bygget, ved å berike bygningsmodeller med data og informasjon fra byggeplassen.
- Bidra til en reduksjon i midler brukt på eksterne stikkere, da store deler av stikningen kan gjennomføres av intern arbeidskraft.
- Bidra til å redusere konflikter mellom objekt på byggeplassen, ved at komponenter plasseres ved hjelp av totalstasjonen basert på kollisjonskontrollerte bygningsmodeller.

9.2. Teknologiske utfordringer

I forbindelse med gjennomføringen av dette prosjektet vil de teknologiske utfordringene primært relatere seg til utfordringer ved BIM som produksjonsunderlag. Det vil derfor diskuteres og vurderes hva slags krav som må stilles til BIM som produksjonsunderlag, hvordan denne teknologien kan bidra til å innfri byggherrers krav til digitalisering, og utfordringer ved digital produksjon.

9.2.1. Digitale krav fra byggherre

Statsbygg (2018) har lenge stilt krav til at digitale bygningsmodeller skal benyttes i deres prosjekt, men disse har ofte fått status som sideleveranse. De ønsker å endre statusen til bygningsmodeller i deres prosjekt fra å være kategorisert som en sideleveranse, til å gi bygningsmodellene status som produksjonsunderlag. Bygningsmodellen skal derfor være en plattform hvor all informasjon skal hentes ut fra. Årsaken til at bygningsmodeller tidligere har fått status som en sideleveranse, kan som Bråthen & Moum (2016) påpeker, skyldes grunner som at tradisjonelle tegninger har vært den mest effektive måten å kommunisere ut informasjon til arbeidere på byggeplassen på, i tillegg til at BIM ofte ansees som et verktøy for de prosjekterende.

Den offentlige byggherren Helse Stavanger (2018) beskriver i sitt dokument for krav til digital samhandling i forbindelse med sykehusprosjektet SUS2023, at prosjektet skal være et BIM-prosjekt. Dette prosjektet vil derfor fokusere på aktiv bruk av BIM som skal gi en bedre forståelse for løsninger og samhandling. I tillegg stiller Helse Stavanger krav til at bygningsmodeller i størst mulig grad skal benyttes for å erstatte arbeidstegninger, og at all informasjon skal hentes fra bygningsmodeller gjennom prosjekterings- og byggefasen. De påpeker at entreprenørene selv er ansvarlige for utarbeidelse av utsetningsdata fra bygningsmodellene mottatt fra de prosjekterende.

I forbindelse med offentlige byggherrers fokus på bruk av BIM i prosjekter, stilles det krav til at digital samhandling implementeres i deres prosjekter. Offentlige byggherrer som Bygningsstyrelsen (2019), Helse Stavanger (2018) og Statsbygg (2013) stiller krav til at åpne standarder som IFC skal benyttes ved utveksling av datamodeller. I forbindelse med digital samhandling og datautveksling gjennom bygningsmodeller stiller Klima-, Energi- og Bygningsministeriet (2013) krav til at objektene i bygningsmodeller skal struktureres, klassifiseres, navngis, kodes og identifiseres på en ensartet måte ved hjelp av en bestemt detaljeringsgrad. Eksempel på en slik detaljeringsgrad kan være LOD (Digital Konvergens, 2018). I tillegg til at objektene skal være klassifisert ved en detaljeringsgrad, skal også objektene i bygningsmodellen inneholde informasjon og egenskaper som er relevante i forbindelse med byggenes drifts- og vedlikeholdsfase (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013). I tillegg stiller Helse Stavanger (2018) krav til at det gjennomføres skanning av bygget, og at de sammenstilles i en modell som kan benyttes som dokumentasjon for at bygget er utført som planlagt.

9.2.2. Digital produksjon

Tradisjonelle tegninger har lenge vært den mest effektive måten for å kommunisere ut informasjon til arbeidere på byggeplassen. I tillegg har BIM vært ansett som er verktøy for de prosjekterende (Bråthen & Moum, 2016). Dette understøttes av respondentene ved boligprosjektet, som beskriver at byggeplassen domineres av tradisjonelle arbeidstegninger og at BIM først og fremst blir benyttet som et supplement til tegningene i forbindelse med visualisering av det som skal bygges (se avsnitt 8.1). I

tillegg påpekes det at dersom bygningsmodeller skal brukes i produksjonen, må det tilrettelegges for det. Programvarene som finnes i dag kan ikke tilfredsstille behovene til arbeiderne på byggeplassen. Dette understøttes av respondentene ved skoleutbygningsprosjektet, som påpeker at de daglig opplever utfordringer knyttet til bruken av bygningsmodeller som produksjonsunderlag (se avsnitt 8.2). Flere av respondentene beskriver at måltaking i modellene er en utfordring de møter daglig, og at det kan gjennomføres flere måltakinger fra og til de samme objektene som vil gi forskjellige resultater hver gang. Dette kan tyde på at BIM-programvarene som benyttes i dag ikke er tilpasset som informasjonskilde i produksjonssammenheng.

Gjennom intervjuene i etterkant av testprosjektene påpekte flere respondenter at totalstasjonen er et verktøy som ville bidra positivt til en digitalisering av produksjonen. Det ble blant annet beskrevet at den har bidratt til en høyere kvalitet på det som bygges, i tillegg til å redusere tiden bruk på utmåling av bygningskomponenter. Selv om alle respondentene kunne nevne flere positive fordeler tilknyttet totalstasjonen, ble det likevel påpekt at det fortsatt er rom for forbedring tilknyttet bygningsmodeller som produksjonsunderlag. Enkelte av respondentene ved skoleutbygningsprosjektet påpekte at når objekt på et så detaljert nivå som oppheng modelleres, burde de utførende i større grad vært involvert i modelleringsprosessen. De viser til at mange av opphengene som ble plassert på byggeplassen ikke ville bli brukt, da disse kunne ansees som overflødige. I den sammenheng beskriver basen at de utførende burde brukt tid på å verifisere modellene og fjerne de opphengene som ville bli overflødige, før tid og energi blir brukt på stikking og boring av opphengfester.

I forbindelse med stikking av oppheng på skoleutbygningsprosjektet uttrykker en av respondentene usikkerhet med hva som vil være hans gjeldende produksjonsunderlag, dersom det ved kontrollmålinger av opphengenes plassering skulle være plassert feil. Han påpeker at noen må verifisere utmålte oppheng og gi dem status som produksjonsunderlag på lik linje som bygningsmodellen var for dette prosjektet.

En av respondenten ved boligprosjektet beskriver også at selv om alle bygningskomponenter plasseres med høy nøyaktighet, vil det fortsatt være rom for menneskelige feil. Det brukes som eksempel at selv om totalstasjonen brukes for å plassere en linje fra modellen på byggeplassen med høy presisjon, vil det være vanskelig for de andre arbeiderne på byggeplassen å forstå hva denne linjen betyr. Det kan i verste fall medføre at en vegg blir plassert og bygget på feil side av streken. Det vil derfor være nødvendig at det benyttes et felles merkesystem hvor punkt med forskjellig betydning markeres på sin egen måte. På denne måten kan merkene fortelle de andre arbeiderne på byggeplassen hva punktene betyr.

Verktøy for digital produksjon

Fra prosjektets initierende undersøkelser, herunder avsnitt 3.1 – ”byggebransjen teknologiske utvikling”, kan det anses som at det gjennom de siste årene har blitt gjennomført flere initiativ for at BIM skal få fotfeste i produksjonsfasen. Det har blitt gjennomført flere studier hvor det er tatt i bruk verktøy for å kommunisere designinformasjon ut til arbeiderne på byggeplassen. Verktøyene som har blitt tatt i bruk er blant annet håndholdte datamaskiner (Davies & Harty, 2013), BIM-kiosker (Bråthen & Moum, 2016) og Augmented Reality (Wang, et al., 2015). Disse teknologiene kan anses som gode hjelpemidler for å visualisere det som skal bygges, men vil fortsatt være avhengige av referansepunkt som bygningsakser for plassering av komponenter.

Sammenlignet med de andre teknologiene som kan benyttes for å kommunisere bygningsinformasjon ut til arbeiderne på byggeplassen, vil en totalstasjon medføre større endringer i arbeidsprosessen. Ved bruk av nettbrett eller BIM-kiosker vil det fortsatt være et behov for bygningsakser, ettersom aksene vil brukes som referansepunkt ved utmåling av bygningskomponenter. Plasseringen av bygningskomponenter, vil derfor gjennomføres på samme måte som ved bruk av tradisjonelle metoder og arbeidstegninger. På den andre siden vil totalstasjonen plassere alle bygningskomponenter gjennom utstikning, uten bruk av bygningsakser. Totalstasjonen kan derfor bidra til å redusere behovet for arbeidstegninger, ettersom all informasjon hentes fra bygningsmodellen. Gjennom utstikning av bygningskomponenter kan totalstasjonen bidra til å redusere antallet menneskelige feil tilknyttet avlesning og utmåling fra bygningsakser, sammenlignet med de andre nevnte teknologiene. Det skal likevel påpekes at dette prosjektet anser de andre teknologiene til å ha en lavere brukerterskel, som medfører at denne teknologien vil ha en lavere barriere for å implementeres hos arbeiderne.

Videre kan det også argumenteres for at teknologi som nettbrett, BIM-kiosker og totalstasjoner i større grad vil tjene produksjonen enn det en skanner vil gjøre, ettersom en skanner vil fokusere på å dokumentere det den ser. Eksempelvis vil skanneren kreve at noe faktisk er bygget før den kan verifisere det som og fortelle om avvik. Til sammenligning vil de andre teknologiene i større grad kunne fortelle hva som skal bygges og hvor det skal plasseres. Det skal likevel påpekes at skanneren vil være et godt hjelpemiddel i forbindelse med verifisering av det som bygges, på samme måte som totalstasjonen ble bruk til kontroll av en vegg, som illustrert i Figur 6.14. I tillegg kan også teknologi som AR og «mixed-reality» på byggeplassen gi en god oversikt ved at modellen og virkelighet vises parallelt, som illustrert i Figur 3.3.

I tillegg kan det også ses som et fordelaktig skifte til en digital og tegningsløs produksjon at totalstasjonen implementeres sammen med andre digitale verktøy, som eksempel BIM-kiosker eller nettbrett. Disse andre digitale verktøyene kan fungere som et supplement for de øvrige arbeiderne på byggeplassen for å få tilgang til informasjon fra bygningsmodeller på byggeplassen. På denne måten kan arbeiderene i tillegg få tilgang til informasjonen totalstasjonen har stukket ut på byggeplassen, som vist i et av de praktiske eksemplene for bruk av BIM feedbackloopen i avsnitt 6.3.5.

BIM Feedbackloop

I forbindelse med undersøkelsene omkring hvordan totalstasjonen kunne bidra til å digitalisere produksjonen i byggeprosjekter, ble det også undersøkt hvordan den kunne benyttes til å skape en dataflyt for å berike bygningsmodellene med informasjon fra byggeplassen. I den sammenheng ble BIM feedbackloopen først beskrevet av Flataker (2019), gjengitt i avsnitt 6.3.5, i tillegg til at noe av feedbackloopens bruksområder ble beskrevet.

I forbindelse med BIM feedbackloopen beskriver respondentene ved boligprosjektet at denne typen informasjonen vil være fornuftig, og vil bidra til å skape en digital og sporbar historie på det som er bygget. Videre beskriver en av respondentene at slik informasjon kan bli viktig i fremtiden. Han uttaler at han ser for seg at det i fremtiden vil skje en digital overlevering av arbeidet som er utført, til det neste faget som skal inn på byggeplassen. Dette er noe som byggherren Helse Stavanger allerede stiller krav til ved ferdigstillelse av arbeid. De krever at det skal gjennomføres en skanning av det ferdige bygget, og at resultatene skal sammenstilles til en komplett as-built modell for å dokumentere at arbeidet er utført som det skal i tillegg til at bygget er oppført som planlagt.

Potensielle feilkilder ved bruk av totalstasjon

Selv om totalstasjonen som et verktøy på byggeplass har vist flere positive effekter, kan det også påpekes at det finnes en høy brukerterskel ved utstyret, samt flere potensielle feilkilder ved feil bruk. Disse potensielle feilkildene er faktorer brukeren av utstyret må være klar over ved bruk. Noen av de vanligste feilkildene ved bruk av totalstasjonen vil beskrives i dette avsnittet.

En av feilkildene ved bruk av totalstasjonen kan være at prismet ikke blir holdt i lodd ved innmåling og utmåling. Det vil medføre at totalstasjonen tror den måler inn et annet punkt enn den i virkeligheten gjør. Dette er også en faktor som spiller inn ved utstikningen av punkt i taket ved skoleutbygningsprosjektet, da det er viktig at merkeforlengeren holdes i lodd for at den innlagte offseten skal stemme. I dette tilfelle må også brukerne være oppmerksom på at det skal brukes en riktig offset ved måling av punktene. En feil eller uteglemt offset vil medføre at punktene som utmåles får feil plassering.

I tillegg vil det være et kritisk punkt, og en potensiell feilkilde, at riktige stikningsdata og grunnlag blir valgt. Ved skoleutbygningsprosjektet er det viktig at stikningsdata for korrekt etasje blir valgt. Ved valg av feil stikningsdata vil brukeren bli opplyst om store avvik i høyden for punktene som skal merkes. Det samme gjelder ved valg av stikningsdata fra bygningsmodell ved boligprosjektet. Det er kritisk at de riktige punkt og linjer velges fra modellen. Valg av feil punkt eller linje vil føre til at feil informasjon blir kommunisert ut på byggeplassen.

I tillegg finnes det feilkilder tilknyttet oppstilling av kikkerten. Brukeren må her være varsom når fastmerkene blir målt inn. Unøyaktige målinger vil gjøre utslag på beregning av totalstasjonens koordinat, som vil medføre at det som måles inn og stikkes ut blir feil. Dette er en feilkilde som skal elimineres av totalstasjonen, ettersom den stiller krav til nøyaktighet ved oppstilling, og en dårlig oppstilling vil avvises. Som en ekstra kontroll kan brukerne kontrollere totalstasjonens oppstilling mot referansepunkt som er blitt utmålt ved tidligere anledninger. Referansepunktene kan eksempelvis være bygningsakser som kontrolleres, på samme måte som beskrevet ved observasjonene på boligprosjektet i avsnitt 8.1.1.

Manglende kalibrering av utstyret kan også føre til unøyaktige målinger. En kalibrering vil finjustere totalstasjonen, og bidra til nøyaktige målinger. Dette er en prosess som med fordel gjennomføres ved jevne mellomrom. Totalstasjonen vil også gi brukeren beskjed om når det er nødvendig.

9.2.3. Krav til BIM ved digital produksjon

I forbindelse med å sette krav til bygningsmodeller påpeker Fischer, et al. (2017) at det med fordel kan utvikles en prosjektspesifikk BIM-gjennomføringsplan. Denne planen kan blant annet beskriver hvilke intensjoner prosjektet har i forbindelse med bruk av BIM. I tillegg kan planen benyttes for å koordinere prosjektets deltakere i prosjekteringsfasen ved å beskrive og stille krav til deres leveranser.

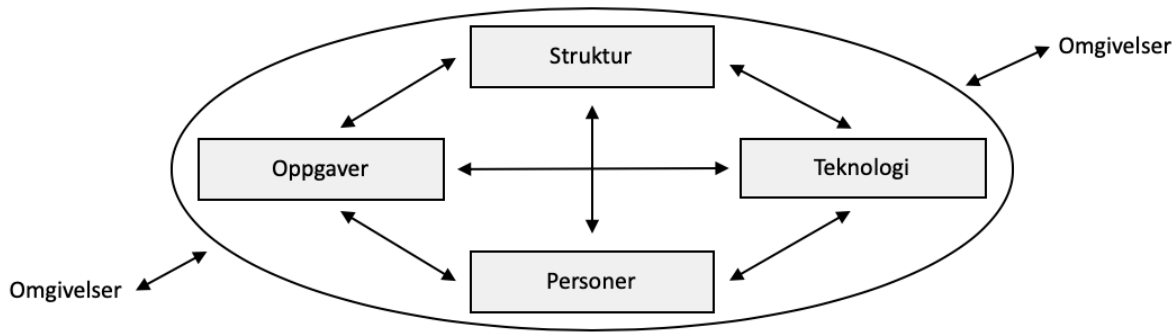
Ettersom totalstasjonen vil benytte bygningsmodeller som stikningsdata, vil det medføre at det må stilles krav til modellenes leveranser. Det vil da være nødvendig å stille krav til at modellene leveres til rett tidspunkt, i rett format og med et modenhets-/detaljeringsnivå som indikerer at modellen er utviklet til et nivå hvor den er godkjent som produksjonsunderlag.

I forbindelse med modelleveranser, begrenser totalstasjonen sin programvare seg til bruk av modeller i IFC formatet. Dette medfører at det må stilles krav til at bygningsmodellene skal leveres i IFC formatet når modellene skal benyttes som stikningsdata. Selv om modellene leveres i korrekt format, må det også stilles krav til at modellene inneholder den informasjonen som er nødvendig, samtidig som den leveres til rett tid. Derfor kan det med fordel utvikles fremdriftsplaner for de prosjekterende, som kan stille krav til innhold i bygningsmodellene ved bestemte leveranser. For å sikre at modellene inneholder den nødvendige informasjonen når den trengs på byggeplassen, kan prosjekteringsfremdriftsplanen med fordel koordineres med fremdriftsplanen for produksjonen.

For å kunne benytte bygningsmodeller som stikningsdata må bygningsmodellens detaljnivå tilsvare et nivå hvor modellen er godkjent som produksjonsunderlag. Ved utstikning av objekter fra bygningsmodeller vil det først og fremst være geometrien til objektene i modellen som må være godkjent som produksjonsunderlag. Eksempelvis kan en betongvegg påvirkes av elementer fra de andre prosjekterende, som for eksempel en dør eller et vindu fra arkitektens modell. Ved utstikningen av denne betongveggen, vil det være kritisk at dørens eller vinduets geometri er fastsatt og godkjent som produksjonsunderlag. På den andre siden er det eksempelvis ikke kritisk at modellen mangler informasjon om et vindus lyd- og brannegenskaper, eller andre egenskaper tilknyttet det endelige produktvalget når objektet skal plasseres på byggeplassen.

9.3. Organisatoriske utfordringer

Da dette prosjektet skal undersøke hvordan en totalstasjon kan bli implementert som et nytt verktøy på byggeplassen, vil det som beskrevet i kapittel 5 medføre endringer i dagens arbeidsoppgaver og arbeidsprosesser på byggeplassen. Leavitts forandringsmodell kan benyttes for å illustrere at en endring i en organisasjon vil kunne påvirke andre element i organisasjonen (Kousholt, 2014). Leavitts forandringsmodell er illustrert i Figur 9.4, og illustrerer hvordan de fire elementene i organisasjonen; oppgaver, struktur, personer og teknologi henger sammen med hverandre og hvordan de kan påvirkes av omgivelsene.



Figur 9.4 Leavitts forandringsmodell (1988) gjengitt av (Kousholt, 2014).

Kousholt (2014) beskriver de fire element i organisasjonen som:

Oppgaver: Organisasjonens funksjoner og dens mål.
Struktur: Organisasjonens oppbygning og arbeidsfordeling mellom avdelinger og arbeidere.
Personer: Mennesker ansatt i organisasjonen eller tilknyttet den.
Teknologi: Maskiner, IT-systemer og administrative prosedyrer som anvendes i organisasjonen.

I dette prosjektet ser vi at ved å implementere ny teknologi på byggeplassen, i dette tilfellet en totalstasjon, vil det være faktorer som påvirker arbeidsoppgaver og prosesser. Eksempelvis vil betongbasens arbeidsoppgave ved å bistå den eksterne landmåleren ved plassering av bygningsakser endres til at betongbasen selv vil gjennomføre stikningsarbeidet og plassere bygningskomponenter.

Selv om implementeringen av den nye teknologien vil medføre et mindre behov for profesjonelle landmålere i byggeprosjektene, vil fortsatt omgivelser som politiske og juridiske faktorer stille krav til at profesjonelle landmålere skal være involvert i byggeprosjektene. I den sammenheng stilles det som beskrevet i avsnitt 6.2.1, krav til at plassering og innmåling av bygningers plassering i terrenget skal gjennomføres av profesjonelle landmålere. I forbindelse med testingen av totalstasjoner som et verktøy på byggeplassen, ble det bestemt at profesjonelle landmålere skulle benyttes som en kvalitetssikringsfunksjon. De profesjonellere landmålerne ble benyttet til å verifisere at stikningsarbeidet som var utført var innenfor deres tolleransekrav.

Implementering av ny totalstasjonen vil også påvirke arbeiderne, ved at det er behov for ny kompetanse for å ta i bruk totalstasjonen. Den manglende kompetansen kan tilføyes arbeiderne gjennom opplæring i bruk av utstyret. Opplæring er nødvendig for å gi brukerne den beste opplevelsen, og en nødvendig forutsetninger for at implementering av ny teknologi skal lykkes (Hardin & McCool, 2015). Det samme kan beskrives i forbindelse med opplæring av totalstasjoner. Betongbasen ved boligprosjektet (se avsnitt 8.1) påpeker at det var en del utfordringer tilknyttet opplæringsfasen. Selv om det var mye nytt som skulle læres, konkluderte betongbasen med at opplæring må medregnes og at opplæringsfasen gikk relativt smertefritt. Fra opplæringen kan det nok ses som en viktig faktor, at opplæringen i bruk av totalstasjonen ble gjennomført på byggeplassen. Dette for at teknologien kan bli tatt raskt i bruk på byggeplassen. Det kan i følge Hardin & McCool (2015) gi fordeler for dem som skal opplæres, at brukerne på egenhånd kan se hvordan teknologien kan benyttes i deres daglige arbeidsoppgaver. På den måten ble også brukerne gjennom opplæringen kjent med hvordan utstyret skulle brukes i sine ekte omgivelser. I tillegg ble brukerne kjent med stikningsdataen og fastmerker som skulle benyttes i etterkant av opplæringen. Det kan derfor antas at forutsetningene for å lykkes med å ta i bruk utstyret på egenhånd ble sikret.

Hardin & McCool (2015) hevder at det mest ideelle tidspunktet for opplæring av teknologi er når den fortløpende kan tas i bruk i reelle prosjekter. I tillegg påpeker betongbasen ved boligprosjektet (se avsnitt 8.1) at jevnlig bruk av utstyret vil bidra til at kompetansen blir holdt ved like. Ellers ville det medført behov for ny opplæring for å friske opp kompetansen. Videre påpeker Hardin & McCool (2015) at for å lykkes med implementeringen av ny teknologi, må arbeiderne ha et supportsystem tilgjengelig. Et fungerende supportsystem ble også dratt frem som en viktig faktor for å lykkes med implementering gjennom intervjuene ved undersøkelsesprosjektene. Det ble påpekt at supportsystemet blant annet kunne benyttes ved opplæring av arbeidere, i tillegg til å bistå dersom utfordringer skulle dukke opp underveis.

9.3.1. Implementering av totalstasjon som et verktøy i produksjonen

Organisasjonsholdninger er en viktig faktor for at forandringen av en organisasjon vil lykkes (Kousholt, 2014). En organisasjons holdninger vil også

påvirke implementeringen av totalstasjonen på byggeplassen. Ved en uoverensstemmelse mellom eksisterende kultur og målene til forandringen, vil kulturen alltid vinne (Kousholt, 2014). Det kan derfor anses som en viktig faktor at totalstasjonen blir en del av kulturen og hverdagen i byggeprosjektene, for at implementering skal lykkes.

Det finnes en rekke faktorer som vil påvirke en organisasjons holdninger tilknyttet en forandring. Blant disse faktorene nevner Kousholt (2014) at organisasjonens kultur, sammensetning av medarbeidere, omfang av forandring, ledernes og medarbeidernes holdninger, press utenfra, samt målene og visjonen for forandringen, vil påvirke organisasjonens holdninger.

Når det kommer til motivasjon, beskriver respondentene ved boligprosjektet (se avsnitt 8.1) at en viktig faktor for å lykkes med implementeringen av totalstasjonen, er at interessen og motivasjonen for å ta i bruk en slik teknologi er tilstede hos arbeiderene. I den sammenheng pekes det også på at implementeringen skjer gjennom de rette arbeiderne. Det hevdes at det vil være større motivasjon og interesse for å ta i bruk ny teknologi hos de unge medarbeiderne, da disse ofte er mer åpne ny innovasjon. Videre beskriver respondentene ved boligprosjektet (se avsnitt 8.1) at ny teknologi som dette kan være vanskelige å tvinge arbeidere til å ta i bruk. Byggebransjens konservative holdning kan vanskeliggjøre implementeringen av teknologien. I tillegg uttales det at det er viktig at arbeiderne ser gevinsten tilknyttet det som skal implementeres for å lykkes, ettersom arbeiderne i produksjonen fort ser hva som vil bidra positivt og hva som er tidstyver tilknyttet deres arbeidsprosesser. Dette kan understøttes av Kousholt (2014) som nevner tid som en vesentlig faktor som kan avgjøre om en forandring vil lykkes eller møte motstand. Endringer som presses inn i organisasjonen vil ofte møte motstand, i motsetning til endringer som over tid lar seg kjøpe av personene i organisasjonen. Det er en faktor vi ser igjen i forbindelse med valg av prosjekt for testing av totalstasjonen som et verktøy i produksjonen. Her beskrev betongbasen ved boligprosjektet at han så fordelene ved bruk av utstyret, og ønsket å tilegne seg denne kompetansen selv (se avsnitt 7.1).

I tillegg til tidsfaktoren nevner Kousholt (2014) at medarbeidernes egen innflytelse på forandringen, vil være en viktig faktor som kan avgjøre om en forandring vil lykkes. Medarbeidernes innflytelse kan gi en form for eierskap til det som skal implementeres, noe som også vil være realiteten når totalstasjonen implementeres ettersom brukerne i prosjektet selv må tilpasse sine arbeidsprosesser for å ta i bruk det nye verktøyet. I tillegg vil de kunne foreta sine egne overveielser tilknyttet omfanget av bruken av utstyret. I den sammenheng kan det på byggeplassen overveies hva som vil være fordelaktig å måle ut ved hjelp av totalstasjonen, og hva som er fordelaktig å måle ut med tradisjonelle metoder.

Det uttrykkes gjennom intervjuene på byggeplassen (se kapittel 8), at totalstasjonen er et verktøy som kan få sitt bruksområde i andre byggeprosjekt. Det påpekes likevel at bruken vil variere fra prosjekt til prosjekt. Det kunne eksempelvis vært fordelaktig at to prosjekt kunne delt på utstyret, gitt at en slik deleordning var mulig med tanke på geografiske- og fremdriftsmessige faktorer.

Med tanke på hvem som skulle ta i bruk utstyret, ble det uttrykket at det med fordel kunne være en person på bas- eller formannsnivå. Det trekkes da frem at praktisk erfaring, samt et godt overblikk over arbeidet på byggeplassen, vil være fordelaktig. Det påpekes likevel at utstyret ikke burde brukes av alle på byggeplassen, men at det gjerne kan være to eller tre personer i prosjektene som har denne kompetansen. Det vil bli et helt annet eierforhold til utstyret når det er færre personer i prosjektene

som skal håndtere det, i tillegg til at at kompetansen vil holdes bedre vedlike når utstyres brukes jevnlig.

For å håndtere en forandring i en organisasjon, i dette tilfelle implementering av en totalstasjon som et nytt verktøy i produksjonen, kan det med fordel benyttes en forandringsmetode (Kousholt, 2014). Bruken av en forandringsmetode kan bidra til å sikre størst mulig suksess og oppmerksomhet gjennom forandringsprosessen. Kotters åtte faser for organisatoriske endringre, beskrives av Kousholt (2014) til å være en av de mest utbredte. Dette prosjektet vil derfor benytte Kotters forandringsmetode for å sikre en størst mulig suksess tilknyttet implementeringen av totalstasjon som et nytt verktøy i produksjonen. Under viser en beskrive for hvordan Kotters forandringsmetode kan benyttes i forbindelse med dette prosjektet, for å sikre en suksessfull implementering av totalstasjon som et nytt verktøy i produksjonen.

	Kotters 8 betegnelser:	Trinn for implementering av totalstasjonen på prosjektnivå:
1	Establishing a Sense of Urgency	Skap en følelse av behov for å implementere totalstasjonen. Dette kan være digitale krav fra byggherrer til bruk av BIM, eller andre fordeler totalstasjon kan medføre prosjektene.
2	Forming a Powerful Guiding Coalition	For å gjennomføre et skifte, må totalstasjonen implementeres i byggeprosjekter gjennom motiverte og interesserte arbeidere.
3	Creating a Vision	Beskrive hvilke mål som er satt for implementeringen av totalstasjonen.
4	Communicating a Vision	Prosjekter på tvers av organisasjonen må bli kjent med mulighetene denne teknologien kan tilby.
5	Empowering Others to Act on the Vision	Implementere totalstasjonen som et produksjonsverktøy i andre byggeprosjekt i organisasjonen.
6	Planning for and Creating Short-Term Wins	Sett som mål at totalstasjonen skal implementeres i et bestemt antall prosjekter innenfor en bestemt tidsramme.
7	Consolidating Improvements and Producing Still More Change	Selv om totalstasjoner er blitt implementert på flere prosjekt, er det fortsatt rom for å implementere andre verktøy som kan forbedre den digitale arbeidsflyten ytterligere.
8	Institutionalizing New Approaches	Sørg for at totalstasjonen blir et verktøy arbeiderne selv har lyst til å bruke, og la det bli en del av deres nye hverdag.

10. Konklusjon

Gjennom dette prosjektet har det blitt undersøkt hvordan en totalstasjon kan implementeres på prosjektnivå for å skape en sammenkobling mellom BIM og byggeplass. Det har i den sammenheng blitt undersøkt hva slags effekter implementering av en totalstasjon kan gi byggeprosjekt. Det ble også undersøke hvilke teknologiske og organisatoriske utfordringer en slik implementering vil medføre. Dette kapittelet vil ha som formål å besvare prosjektets hovedproblemstilling (se avsnitt 4.1), og fremstå som dette prosjektets konklusjon.

Fra undersøkelsene gjennomført på byggeplass (se kapittel 8), kan det konkluderes med at totalstasjonen er et verktøy som kan implementeres på prosjektnivå i byggeprosjekt, og samtidig medføre positive effekter og gevinster til byggeprosjektene. I forbindelse med gevinstene totalstasjonen medførte, viser resultatene fra intervjuene gjennomført på byggeplass (se kapittel 8) at det var flere positive effekter ved bruk av totalstasjonen enn negative. Herav ble det påpekt at de største gevinstene var tilknyttet en stor forbedring av kvaliteten på det som blir bygget, ved at bygningskomponenter plasseres ut med høy nøyaktighet. Implementeringen hadde medført en stor nedgang i antall registrerte avvik forbundet med plasseringen av bygningskomponenter. Videre ble det også identifisert at totalstasjonen bidro til å effektivisere utmålingsprosessen, sammenlignet med tradisjonelle metoder for utmåling av bygningskomponenter. I tillegg ble det påpekt at totalstasjonen i stor grad bidro til å redusere behovet for arbeidstegninger i produksjonen, ettersom den kan benyttes for å kommunisere informasjon fra bygningsmodeller ut til arbeiderene på byggeplassen.

Selv om implementeringen av totalstasjonen viser å ha medført en rekke positive effekter, må det konkluderes med at det fortsatt finnes utfordringer som må løses og håndteres for at en videre implementering av utstyret skal lykkes. I den sammenheng vil det være teknologiske utfordringer tilknyttet bygningsmodeller som produksjonsunderlag, i tillegg til organisatoriske utfordringer med implementering av totalstasjoner som et nytt verktøy i produksjonen, som må håndteres.

For å lykkes med implementeringen av totalstasjoner vil en viktig faktor være at det tilrettelegges for bruken av den. Prosjektene må stille krav til de prosjekterendes leveranser av bygningsmodeller. Disse kravene kan med fordel beskrives i en prosjektspesifikk BIM-gjennomføringsplan, som nevnt i avsnitt 6.1.1. Denne gjennomføringsplanen kan brukes for å koordinere de prosjekterende gjennom prosjekteringsfasen. En slik gjennomføringsplan bør som beskrevet i avsnitt 9.2.3, stille krav til at bygningsmodellene leveres med rett filformat, til rett tid og er utviklet til det detaljeringsnivået modellen skal ha ved leveransen.

I tillegg kan det være fordelaktig å ta i bruk andre digitale verktøy som BIM-kiosker eller nettbrett for å supplere totalstasjonen. På denne måten kan de arbeiderene som ikke benytter totalstasjonen også få tilgang til informasjon fra bygningsmodellen ute på byggeplassen. I tillegg kan det bli brukt som en plattform for å gi de andre arbeiderne tilgang til informasjon om hva totalstasjonen har stukket ut på byggeplassen.

Videre kan det påpekes at de utførende med fordel kan involveres i en større grad i prosjekteringsfasen ved en digital produksjon. Det anbefales at representanter fra de utførende får en større rolle tilknyttet verifiseringen av bygningsmodeller som produksjonsunderlag. Det kan vises til et eksempel fra

skoleutbygningsprosjektet (se avsnitt 8.2), hvor de involverte parter påpeker at det finnes enkelte forbedringspotensialer tilknyttet bygningsmodeller som produksjonsunderlag. Her pekes det på at det ble modellert inn et større antall oppheng for det tekniske anlegget, enn representantene fra de tekniske fagene mente det var behov for. Man kan derfor påstå at de utførende burde involveres i større grad ved modellering av bygningsobjekt, ned til et detaljert nivå som oppheng for det tekniske anlegget.

Med tanke på det organisatoriske aspektet, kan det anses som en avgjørende faktor for å lykkes med implementeringen at bruken av totalstasjonen blir godt forankret i arbeiderens hverdag og kultur. Som beskrevet i avsnitt 9.3 kan denne forankringen med fordel skje gjennom en involvering av arbeiderne, i forbindelse med tilpasning og endring av deres arbeidsprosesser for å ta i bruk totalstasjonen.

I tillegg blir motivasjon og interesse hos ledere og arbeidere ansett som en viktig faktor for å lykkes med implementeringen av totalstasjonen. Manglende motivasjon og interesse for bruk av utstyret, vil medføre motarbeidelse av implementering. I tillegg kan det også anses som en avgjørende faktor for implementeringen, at det etableres et supportsystem arbeiderne kan henvende seg til. Supportsystemet vil bistå med opplæring i bruk av totalstasjonen, samt andre utfordringer som kan oppstå ved bruk av utstyret. Et slikt supportsystem vil kunne bidra til at det skapes en trygghet hos arbeiderne når de skal ta i bruk totalstasjonen som et verktøy i produksjonen.

Avslutningsvis i dette kapittelet vil det bli beskrevet en rekke anbefalinger som anses som viktige punkt for å lykkes med implementering av en totalstasjon som et verktøy på byggeplassen. I den forbindelse anbefales følgende:

- Det kan med fordel gjennomføres en kartlegging av arbeidernes interesser og motivasjon for bruk av totalstasjoner som et verktøy på byggeplassen. Denne kartleggingen kan benyttes for å velge ut prosjekt og arbeidere i forbindelse med videre implementering.

- Det må tilrettelegges for bruk av totalstasjon i prosjektet. Det anbefales derfor at krav til bygningsmodellenes leveranser stilles gjennom en BIM-gjennomføringsplan, hvor det blant annet stilles krav til IFC som utvekslingsformat og krav til bygningsmodellenes detaljnivå ved leveranser.

- Det anbefales også at det etableres et supportsystem som arbeiderne kan henvende seg til i forbindelse med opplæring og andre utfordringer som oppstår ved bruk av utstyret.

- Det anbefales også at supportsystemet involveres ved oppstart av nye prosjekt, for å tilrettelegge for bruk av totalstasjonen i prosjektene i en tidlig fase. I tillegg kan det med fordel holdes evalueringsmøter med arbeiderne for å bidra til effektivisering av bruken av totalstasjonen.

- Det anbefales også at det i byggeprosjektene benyttes profesjonelle landmålere i forbindelse med koordinatfesting av byggeplasser, og ved etablering av fastmerker. I tillegg kan de med fordel benyttes i forbindelse med tredjepartskontroller av det som blir utstukket.

11. Refleksjon

I rapportens reflekterende kapittel vil rapportens innhold, utviklingsprosess, reliabilitet og validitet vurderes, før det avslutningsvis vil presenteres noen forslag for videre studier tilknyttet rapportens tema. I denne rapportens utviklingsprosess har en vektlagt å skape en informativ og spennende rapport, gjennom undersøkelser av en problemstilling som anses å være lite undersøkt i litteraturen. Videre kan det også påpekes at utviklingsprosessen har bidratt til å gi en større forståelse omkring endringer og implementering av nye verktøy i en organisasjon, noe som ansees som verdifull kunnskap.

I tillegg til mål om å skape en spennende og informativ rapport, har det også vært et mål å skape en konsistent og troverdig rapport, hvor prosjektet i forbindelse med datainnsamlingen har tatt stilling til begrepene reliabilitet og validitet. Prosjektets reliabilitet har blitt sikret gjennom beskrevne datainnsamlingsmetoder. Det har blitt gjennomført casestudier og undersøkelser på byggeplass som innebar observasjoner og intervju med involverte parter, i tillegg til litteraturstudier tilknyttet prosjektet undersøkelsesområde. Videre ble resultatene fra prosjektets datainnsamling brukt til å danne grunnlag for å besvare prosjektets problemstilling. Det skal likevel påpekes at rapporten vurderes til å score lavt på den interne observeringskonsistensen, ettersom prosjektgruppen består av én person. Videre blir det vurdert at prosjektet oppnår den ønskede validiteten ved å bruke data innsamlet gjennom casestudier, intervju og observasjoner ved reelle byggeprosjekt, i tillegg til vitenskapelige artikler og bøker. Dette prosjektet vurderer disse informasjonskildene til å være troverdige.

11.1. Forslag til videre studier

Som en del av det reflekterende kapittelet, vil det presenteres noen forslag til videre studier relatert til prosjektets undersøkelsesområde.

Når det gjelder videre studier, ville det vært interessant å undersøke hvordan data fra totalstasjonen kunne blitt brukt for å automatisk oppdatere bygningskomponenters plassering i en bygningsmodell. Dette kunne vært løst ved at dataen til totalstasjonen i en større grad var knyttet opp mot komponentene i bygningsmodellen, og samtidig utvide BIM feedbackloopen sine funksjoner. Samtidig ville det også vært interessant å undersøke hvordan en laserskanner kunne implementeres som et verktøy for å dokumentere og berike bygningsmodeller med informasjon fra byggeplassen.

Et annet interessant perspektiv kunne være å undersøke om det var mulig å integrere den delen av BIM feedbackloopen som omhandler kommunikasjon av data fra totalstasjonen til modell, i en webløsning. Ideen er at feedbackloopen blir automatisert, og blir en sammenkobling mellom BIM og byggeplass i sanntid.

Det ville også vært interessant å gjennomføre en sammenligningsstudie mellom tradisjonell metode og bruk av totalstasjon ved utmåling av bygningskomponenter. Her kunne det blitt foretatt eksakte målinger av effektene totalstasjoen medførte tilknyttet tid, pris og kvalitet. En studie som dette kunne derimot være vanskelig å gjennomføre, ettersom det ville være vanskelig å samle inn den nødvendige data i de aktuelle undersøkelsesprosjektene.

12. Bibliografi

Autodesk, u.d. *Autodesk.* [Internett]
Available at: https://www.autodesk.com
[Funnet 23 04 2019].

Azhar, S., 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, pp. 241-252.

Azhar, S., Khalfan, M. & Maqsood, T., 2012. Building Information Modeling (BIM): Now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building Vol. 12 (4)*, pp. 15-28.

Beyer, H. R. & Holtzblatt, K., u.d. *Contextual design.* [Internett]
Available at: http://www.interaction-design.org/encyclopedia/contextual_design.html
[Funnet 20 3 2019].

Bock, T., 2007. Construction robotics. *Autonomous Robots vol. 22*, pp. 201-209.

Bolpagni, M., 2016. *THE MANY FACES OF 'LOD'.* [Internett]
Available at: https://www.bimthinkspace.com/2016/07/the-many-faces-of-lod.html
[Funnet 08 05 2019].

Bolpagni, M. & Ciribini, A. L. C., 2016. *The Information Modeling and the Progression of Data-Driven Projects.* s.l., s.n.

Bråthen, K. & Moum, A., 2016. Bridging the gap: taking BIM to the construction site.. *Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 23*, pp. 751-764.

Bryman, A., 2004. *Social research methods.* second edition red. s.l.:Oxford University Press.

Bryman, A., 2012. *Social research methods.* Fourth edition red. s.l.:Oxford University Press.

BuildingSMART International, u.d. *Buildingsmart International.* [Internett]
Available at: https://www.buildingsmart.org
[Funnet 08 05 2019].

BuildingSMART Norge, 2014. *Standarder.* [Internett]
Available at: https://buildingsmart.no/bs-international/standarder
[Funnet 14 03 2019].

BuildingSMART Norge, 2016. *buildingSMART Prosess.* [Internett]
Available at: https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-prosess
[Funnet 14 03 2018].

BuildingSMART Norge, 2017a. *Hva er åpenBIM?.* [Internett]
Available at: https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim
[Funnet 14 03 2019].

BuildingSMART Norge, 2017b. *BuildingSMART Dataordbok.* [Internett]
Available at: https://buildingsmart.no/hva-er-apenbim/bs-dataordbok
[Funnet 14 03 2019].

BuildingSMART, u.d. *buildingSMART Data Dictionary.* [Internett]
Available at: http://bsdd.buildingsmart.org/#
[Funnet 29 05 2019].

Bygningsstyrelsen, 2019. *Digitalisering af byggeriet.* [Internett]
Available at: https://www.bygst.dk/godt-byggeri/digitalisering-af-byggeriet/
[Funnet 14 Mai 2019].

Conner, D. R., 1998. *Kousholt (2014).* Chichester: Wiley.

Creswell, J. W., 2014. *Research design: qualitative, quantitative and mixed methods approaches.* 4th edition red. s.l.:Sage Publishers.

Dalux, 2018. *4 out of the 5 largest Norwegian contractors now use Dalux.* [Internett]
Available at: https://www.dalux.com/4-out-of-the-5-largest-norwegian-contractors-now-use-dalux/
[Funnet 24 05 2018].

Dalux, u.d. *TwinBIM.* [Internett]
Available at: https://www.dalux.com/da/dalux-field/twinbim/
[Funnet 24 05 2019].

Davies, R. & Harty, C., 2013. Implementing 'Site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project. *Automation in Construction, Vol. 30*, Volum 30, pp. 15-24.

de Vaus, D. A., 2001. *Research design in social research.* 2. edition red. s.l.:Sage Publications.

Digital Konvergens, 2018. *BYGNINGSDELSSPECIFIKATIONER.* [Internett]
Available at: https://www.dikon.info/publikationer/
[Funnet 08 05 2019].

Direktoratet for Byggkavalitet, u.d. *Byggesaksforskriften (SAK10).* [Internett]
Available at: https://dibk.no/byggeregler/sak

Eastman, C., Tiecholz, P., Sacks, R. & Liston, K., 2011. *BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors.* s.l.:John Wiley.

Entreprenørforeningen Bygg og Anlegg, 2018. *MMI- Modell Modenhets indeks.* [Internett]
Available at: https://www.eba.no/dette-er-eba/aktuelt/modell-modenhets-indeks---mmi/
[Funnet 25 02 2018].

Fischer, M., Ashcraft, H., Reed, D. & Khanzode, A., 2017. *Integrating Project Delivery.* Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Flataker, B., 2019. *Studentrapport: Virksomhetsopphold hos Kruse Smith AS,* Aalborg: s.n.

Hardin, B. & McCool, D., 2015. *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows, Hardin, B. and McCool, D. (2015), BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows,.* 2. utgave red. Indianapolis, IN: Wiley Publishers.

Helse Stavanger, 2018. *Digital samhandling.* s.l.:s.n.

Howell, G. A., 1999. *WHAT IS LEAN CONSTRUCTION - 1999.* [Internett]
Available at: http://leanconstruction.org/media/docs/howell.pdf
[Funnet 31 1 2019].

Johnson, G. et al., 2014. *Exploring Strategy.* 10th edition red. s.l.:Pearson.

Kang, J., Lee, J. S., Subramanian, A. G. & Faghihi, V., 2012. *BIM to field: Robotic total station and BIM for quality control.* s.l., eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction.

Kazemian, A., Yuan, X., Davtalab, O. & Khoshnevis, B., 2019. Computer vision for real-time extrusion quality monitoring and control in robotic construction. *Automation in Construction Vol. 101*, pp. 92-98.

Kimoto, K., Endo, K., Iwashita, S. & Fujiwara, M., 2005. The application of PDA as mobile computing system on construction management. *Automation in Construction Vol. 14*, 14(4), pp. 500-511.

Klee, E., Dressen, W. & Riess, V., . *SS-Oberscharführer Erich Bauer.* red. (): Konecky Konecky.

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013. *Bekendtgørelse om anvendelse af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i offentligt byggeri.* [Internett]
[Funnet 24 05 2019].

Kothari, C. R., 2004. *Research methodology - methods and techniques.* second revised version red. s.l.:NEW AGE INTERNATIONAL (P) LIMITED, PUBLISHERS.

Kousholt, B., 2014. *Organisation og mennesker.* 1. utgave red. København: Praxis - Nyt Teknisk Forlag.

Kruse Smith AS, 2016. *Bygg din egen BIM kiosk!.* [Internett]
Available at: https://www.kruse-smith.no/aktuelt/bygg-egen-bim-kiosk/
[Funnet 13 05 2019].

Kruse Smith, u.d. *Diverse prosjektdokumentasjon.* s.l.:s.n.

Larsen, J. K. & Ussing, L. F., 2011. Implementation of BIM in the Danish building sector.

Leavitt, H. J. & Bahrami, H., 1988. *Managerial psychology: managing behavior in organizations.* 5. edition red. Chicago: University of Chicago Press.

Leica Geosystems, u.d. *Leica iCON build anleggsprogramvare.* [Internett]
Available at: https://leica-geosystems.com/nn-no/products/construction-tps-and-

gnss/software/leica-icon-build#
[Funnet 24 04 2019].

Lundeen, K. M., Kamat, V. R., Menassa, C. C. & McGee, W., 2019. Autonomous motion planning and task execution in geometrically adaptive robotized construction work. *Automation in Construction vol. 100*, pp. 24-45.

MacDonald, s. & Headlam, N., 2009. *Research method handbook.* s.l.:Centre for local economic strategies .

Merschbrock, C. & Rolfsen, C. N., 2016. BIM Technology acceptance among reinforcement workers – The case of Oslo Airport's terminal 2. *Journal of Information Technology in Construction Vol. 21*, pp. 1-12.

Ries, E., 2011. *The Lean Startup.* s.l.:Portfolio Penguin.

Sacks, R., Radosavljevic, M. & Barak, R., 2010. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. *Automation in Construction Vol. 19*, pp. 641-655.

Sharp, H., Rogers, Y. & Preece, J., 2011. *Interaction Design: Beyond Human–Computer Interaction.* 3. utgave red. s.l.:John Wiley & Sons Ltd.

Skogseth, T. & Norberg, D., 2014. *Grunnleggende Landmåling.* 3 red. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.

Standard Norge, 2010. *NS-EN 13670:2009+NA:2010.* s.l.:s.n.

Statsbygg, 2013. *En digital måte å bygge smartere.* [Internett]
Available at: https://www.statsbygg.no/Oppgaver/Bygging/BIM/
[Funnet 14 05 2019].

Statsbygg, 2018. *Digitale kontrakskrav.* [Internett]
Available at: https://statsbygg.no/Nytt-fra-Statsbygg/Nyheter/2018/Digitale-kontraktskrav/
[Funnet 10 03 2019].

Store Norske Leksikon, 2009. *Landmåling.* [Internett]
Available at: https://snl.no/landm%C3%A5ling
[Funnet 4 4 2019].

Store Norske Leksikon, 2015. *Vitenskapsfilosofi.* [Internett]
Available at: https://snl.no/vitenskapsfilosofi
[Funnet 13 10 2018].

Wang, J. et al., 2015. Integrating BIM and LiDAR for Real-Time Construction Quality Control. *Journal of Intelligent & Robotic Systems Vol. 79*, pp. 417-432.

Wang, X. & Chong, H.-Y., 2015. Setting new trends of integrated Building Information Modelling (BIM) for construction industry. *Construction innovation Vol. 15*, pp. 2-6.

Wang, X. et al., 2013. A conceptual framework for integrating building information modeling with augmented reality. *Automation in Construction Vol. 34*, Issue 2013, pp. 37-44.

13. Vedlegg

Vedlegg oppdelt i Appendiks og bilag

Appendiks

A-1 Intervjuguide
A-2 Intervjuguider besvart ved boligprosjekt
A-3 Intervjuguider besvart ved skoleutbygningsprosjekt
A-4 Observasjonslogg
A-5 Spørreundersøkelser
A-6 Resultat spørreundersøkelse boligprosjekt
A-7 Resultat spørreundersøkelse skoleutbygningsprosjekt
A-8 Andre data fra skoleutbygningsprosjekt
A-9 BPMN diagram kollisjonskontroll

Bilag

B-1 Tegning B-20-01-03 DEKKE OVER 03. ETG - HUS 1
B-2 Dynamoscript for prosessering av data fra totalstasjon
B-3 Fastmerkenett boligprosjekt
B-4 Bygningsakser boligprosjekt
B-5 Digitale samhandling krav SUS2023

Appendiks

A-1. Intervjuguide

Intervjuguide

Referanseramme	Formål	Intervjuspørsmål
Generell info	Oppvarmingsspørsmål - bli kjent med intervjuobjektet	~~Navn?~~ ~~Firma?~~ Fag/Stilling/funksjon? Erfaring i år?
BIM	Bli kjent med intervjuobjektets erfaringer og holdninger i forbindelse med BIM	Bruker du BIM? Hva slags erfaringer har du med BIM i produksjonen?
Stikking fra BIM	Avdekke intervju objektet egne observasjoner i forhold til effekter.	Hva slags effekter har blitt observert i forbindelse med stikking fra BIM vs. Manuel plassering? - Har dette medført noen besparelser i tid? - Har dette medført noen besparelser i økonomi? - Hvordan har kvaliteten/presisjonen på arbeidet som er utført?
Stikking fra BIM	Avdekke intervjuobjektets observasjoner i forhold til utfordringer.	Hvilke utfordringer har det vært i forbindelse med stikking fra BIM/modell? Hvilke Tekniske utfordringer har det vært: - I forbindelse med modeller og arbeidsgrunnlag? - Kollisjoner? Hvilke Organisatoriske utfordringer har det vært: - I forbindelse med opplæring og bruk av utstyr?
	Redegjøre for intervjuobjektets tanker i forbindelse videre implementering av stikking fra BIM.	Hvordan vil veien videre se ut, i forbindelse med stikking fra BIM? - Har det vært noen negative opplevelser? - Kan dette implementeres på andre byggeplasser? - Kan/bør noe endres?
Debrifing	Avrunding la intervjuobjektet komme med tilføyelser eller annen informasjon som ikke er kommet frem gjennom intervjuspørsmålene.	Noe annet å tilføye? Mail ved eventuelle tvil eller oppfølgingsspørsmål?

A-2. Intervjuguider besvart ved boligprosjekt

Lydopptak fra alle intervju ved boligprosjektet finnes

Betongbas boligprosjekt

Spørreskjema prosjektledelse

Referanseramme	Formål	Intervjuspørsmål	Svar
Generell info	Oppvarmingsspørsmål - bli kjent med intervjuobjektet	Navn? Firma? Fag/Stilling/funksjon? Erfaring i år?	 Bas Betong 23 år totalt - 13 år Bas
BIM	Bli kjent med intervjuobjektets erfaringer og holdninger i forbindelse med BIM	Bruker du BIM? Hva slags erfaringer har du med BIM i produksjonen?	Slik som det er nå brukes BIM til stikking og Modell på PC for planlegging, masseuttak til bestilling og generelt få en oversikt Ikke andre erfaringer på sammen måten, men blir jo inne å kikke på modellen på pcen så gå ut på bygge. Kan ikke sammenlignes ved at vi stikker fra BIM. Men andre som bruker BIM-kiosk, har bruk modellen til måltaking og visualisering, og har tar skjermutklipp som dem har skrevet ut og tatt med seg ut på byggeplassen. men her bruker vi heller tegninger.
Stikking fra BIM	Avdekke intervju objektet egne observasjoner i forhold til effekter.	Hva slags effekter har blitt observert i forbindelse med stikking fra BIM vs. Manuel plassering? - Har dette medført noen besparelser i tid? - Hvordan har kvaliteten/presisjonen på arbeidet som er utført? - Har dette medført noen besparelser i økonomi?	Besparelse i tid, på et helt dekke 4-5 timer, kommer litt ann på tilkomst, i forhold til den tradisjonelle måten. Går mye tid ved å gjøre det på den gamle måten, da basen likevel må være med stikker for å vise hva som skal stikkes og hvor, stikkeren bruker også tid tid på å stille opp utstyret. Har ikke målt, men føler det finnes lite feil, det som blir stukket ut blir tilnærmet 100% riktig. Færre RUK (rapporter unøsket kvalitet), bedre på de objekter vi setter ut. Sett i sammen med Tid og kvalitet så må det jo finnes en økonomisk gevinst. Formannen hadde laget en oversikt over faktura fra Landmåler, hvor kostnaden hadde blitt mer enn halvert. I tillegg så har nok Landmåleren en helt annen time pris en vi på prosjektet har, i tillegg så vil komme tid brukt på reising,

1

			og forberedelse. Det skal jo også administreres når landmåler skal bestilles, de skal vises rundt og settes inn i ting. Fleksibiliteten ved å gjøre selv, er at vi kan gjøre det når det passer best for oss
Stikking fra BIM	Avdekke intervjuobjektets observasjoner i forhold til utfordringer.	Hvilke utfordringer har det vært i forbindelse med stikking fra BIM/modell? Hvilke Tekniske utfordringer har det vært: - I forbindelse med modeller og arbeidsgrunnlag? - Kollisjoner? Hvilke Organisatoriske utfordringer har det vært: - I forbindelse med opplæring og bruk av utstyr?	 Var litt utfordringer i starten ved opplæring i bruk av utstyr. Men det er jo noe som vil kommet uansett. Det vil jo alltid være litt utfordringer når man skal ta oppstilling at det finnes nok punkter som vi kan sikte til, for å få god kvalitet på oppstilling.
	Redegjøre for intervjuobjektets tanker i forbindelse videre implementering av stikking fra BIM.	Hvordan vil veien videre se ut, i forbindelse med stikking fra BIM? - Kan dette implementeres på andre byggeplasser? - Har det vært noen negative opplevelser? - Kan/bør noe endres?	Tror gjerne at det vil bli bruk på andre byggeplasser, Spesielt med tanke på et foredrag basen var delaktig i, hvor de fleste prosjektlederne stilte seg positive til stikking fra BIM. Ser jo også at det blir lagt mer vekt lagt på at BIM skal brukes på byggeplasser, spesielt med tegningsløse prosjekt som kommer. Der blir vi uansett nødt til å stikke fra modell. Nei, kan ikke se noe Kan ikke se noe, har jo blitt vant med den nå, det virker jo litt at det er lett og være og at det heller ikke er veldig komplisert. Men det finnes sikker andre funksjoner på utstyrt som jeg ikke kjenner til, som innstillinger også. Kunnskapene med bruk av utstyret må også vedlikeholdes, hvis jeg ikke hadde brukt det på 3 år vil det nok være litt

2

		Ville du kunne anbefale stikking fra BIM til andre? Kunne du lært noen opp til bruk av utstyret?	utfordringer med å komme i gang. Hadde nok vært litt letter og lære det gang nummer to 2. Fordel hvis vi kan bruke det ofte og mye, men det hender jo at det blir en telefon hvis det er noe man lurer på. Opplæring, gikk kanskje litt for når det ble vist, men gikk jo bedre når jeg fikk trykke selv. Men vil jo si at opplæringen gikk over all forventing. Men det finnes mange i firmaet som kunne lært seg dette. Ja, det kunne vi fått til. Men det er jo litt i forhold til til hvordan tiden skal prioriteres. Men ser også at det er en fordel at det ikke er for mange som skal bruke utstyret. Blir et helt annet eierforhold til det og det vil nok bli tatt bedre vare på. Men på en større byggeplass kunne det gjerne vært 2-3 som kunne bruke utstyret og delt på utstyret. I forhold til flere totalstasjoner måtte det jo nesten vurderes hva som hadde vært fornuftig å gjøre.
Debrifing	Avrunding la intervjuobjektet komme med tilføyelser eller annen informasjon som ikke er kommet frem gjennom intervjuspørsmålene.	Noe annet å tilføye? Mail ved eventuelle tvil eller oppfølgingsspørsmål?	Fordel å kjenne til BIM før noen går i gang, at man kjenner litt til modeller. Kan også være en fordel å ha vært med stikker og stukket på plassen. Får ut den informasjon vi ønsker, vet det best selv hva vi trenger når vi skal bygge. Lettere å få med seg alt med en gang.

Betongformann boligprosjekt

Spørreskjema Betong formann Boligprosjekt

Referanseramme	Formål	Intervjuspørsmål	Svar
Generell info	Oppvarmingsspørsmål - bli kjent med intervjuobjektet	~~Navn?~~ ~~Firma?~~ Fag/Stilling/funksjon? Erfaring i år?	 Formann Betong 8 år forman - Ca. 20 år bas -40 år i bransjen totalt
BIM	Bli kjent med intervjuobjektets erfaringer og holdninger i forbindelse med BIM	Bruker du BIM? Hva slags erfaringer har du med BIM i produksjonen?	Bruker BIM for å få en oversikt over det som skal bygge og undersøke detaljer. Ved nye jobber er det lettere og få en oversikt over det som skal bygge gjennom BIM, i forhold til tegninger og detaljtegninger. Det har alltid vært tegninger tilgjengelig på de prosjektene jeg har vært. Men har brukt BIM på alle prosjekt hvor jeg har vært formann. Selv om BIM har vært der lenge, har den ikke vært klar for å bli tatt i bruk i produksjonen. I begynnelsen var det mer et leketøy, og kunne være en tidstyv, hvis det ikke kunne brukes fornuftig. Mener produksjonen må være med å styre utviklingen av verktøy som skal brukes til BIM, det er produksjonen selv som vet hva dem trenger. Men ser at BIM har jo først og fremst vært et verktøy i for det prosjekterende. Produksjon har ikke tatt del i det på samme måten. Skal BIM brukes i produksjon, må det være til rette lagt til produksjonen. Mener at produksjonen må stille krav til verktøy eller få til et samspill. Stikking fra modell, var et skritt i riktig retning og det ble en slags Connect og ser nyttigheten. I tillegg ser vi også at basen viste interesse for det og tok tak i det selv. Det kan være vanskelig å presse seg inn med noe nytt i en konservativ bransje så man må vise at man har noe å tilby. Det må ikke være en tilleggs oppgaven, men det må kunne erstatte noe eller forbedre noe, må gi en gevinst.

1

Stikking fra BIM	Avdekke intervju objektet egne observasjoner i forhold til effekter.	Hva slags effekter har blitt observert i forbindelse med stikking fra BIM vs. Manuel plassering? - Har dette medført noen besparelser i tid? - Hvordan har kvaliteten/presisjonen på arbeidet som er utført? - Har dette medført noen besparelser i økonomi? - Andre effekter?	Ser jo at vi stikker mer detaljert, men får det igjen i utmålingen. Da det tar lengre tid å gjennomføre utmålinger fra bygningsakser. Men når vi kan gjøre det selv, hvor det bare er den samme timelønnen som går, vil ikke det være noen kostnad. Tiden blir liten i forhold til kvaliteten så lange det vi gjør er rett. Tar lang tid å rette opp i feil. Gevinsten ligger i å gjøre det rett. Ser at kostnaden fra den eksterne stikkeren er blitt kraftig redusert etter vi startet og stikke selv. Redusert mellom 50 og 80% Kontrollfunksjon, ta var på data, videreføre det til andre som skal fortsett sitt arbeid på byggeplassen. På sikt kunne overleve arbeidet som er gjennomført digitalt, for eksempel gjennom scan eller lignende. Viktig med den tidlige kontrollen for å avdekke feil,
Stikking fra BIM	Avdekke intervjuobjektets observasjoner i forhold til utfordringer.	Hvilke utfordringer har det vært i forbindelse med stikking fra BIM/modell? Hvilke Tekniske utfordringer har det vært: - I forbindelse med modeller og arbeidsgrunnlag? - Kollisjoner? Hvilke Organisatoriske utfordringer har det vært: - <u>Kultur</u> - I forbindelse med opplæring og bruk av utstyr?	Kan ikke se at det har vært noen tekniske utfordringer, tilknyttet til modeller. Ser jo at det er mest de prosjekterende som vil ha disse utfordringer på en tidligfase. BIM begynte med et verktøy for Prosjekteringen Kulturen på byggeplassen har endret seg, nå bruker alle fag på bygge BIM. BIM er noe alle på byggeplassen bør ha tilgjengelig. Opplæringen har gått fra, basen har selv fattet interesse for dette. Når man interesserer seg for noe så vil man lære det.

2

			Slik som stikking fra BIM må man få på produksjonsplan, gjerne helt ut til bas eller formann, må kunne utføre stikkingen. Føler det kan være en gevinst, når man kan gjennomføre det selv. Ellers måtte det ansettes en ekspert som reiser rundt på flere byggeplasser. Kan være utfordringer tilknyttet at det er dyrt utstyr som skal brukes, og når kun en person skal bruke det vil man få et annet eier forhold til det. ønsker å forsette og bruke stikking fra BIM på videre i prosjektet til blant annet og stille peler.
		Har det vært utfordringer tilknyttet ansvar på det som blir utført?	Ansvaret vil jo ligge hos entreprenøren, alle har jo ansvar det hver enkelt gjør. Det vil jo medføre et ansvar ved å på ta seg stikkingen, og men ser at man nok blir nødt til å benytte profesjonelle stikkere for en 3. parts kontroll. Ser jo at dette er fortsatt veldig nytt, men hvis dette skal bli bruk i andre prosjekt. kan det bety at det kan bli en stor forandring for alt som har med stikning og gjøre. Men ser at når teknologi som dette finnes, må vi få den ut i produksjonen.
		Hvordan vil ansvaret endre ved å bruk totalstasjon for plassering av komponenter vs tradisjonelle metoder?	Ved å ta i bruk totalstasjonen tar vi jo bort en faktor for feil, da det ofte kan oppstå feil ved måling fra referansepunkt som bygningsakser. Mens ved å bruk totalstasjoen vil det jo ikke være noen referanse punkt, når alle punkt stikkes. Ved å ta i bruk Totalstasjon og BIM som stikningsdata, trenger jo ikke inneholde all den informasjonen dem gjør i dag. Da det meste av denne informasjonen ligger i modellen, som at vi ikke trenger målsettinger. Selv om aksesystem på byggeplassen er genialt, er jeg glad det kan være for fall hvis ikke vi trenger det for utmålinger.

3

			Ser for seg at dem blir nødt til å benytte profesjonelle landmålere for å plassere bygget i forhold til et nasjonalt koordinatsystem og skape et utgangspunkt for plasseringen bygget. Hvis ikke profesjonelle landmålere skal benyttes, må det nok ansettes noen med denne kompetansen, som får et overordnet ansvar.
	Redegjøre for intervjuobjektets tanker i forbindelse videre implementering av stikking fra BIM.	Hvordan vil veien videre se ut, i forbindelse med stikking fra BIM? - Har det vært noen negative opplevelser? - Kan dette implementeres på andre byggeplasser? - Kan/bør noe endres?	Kan ikke se noe negativt med det, har jo sett virkningen av Stikking fra BIM ettersom vi starter med å plassere alt ut fra bygningsakser. Hvor det var mye feil tilknyttet plassering av stålsøyler, hvor det var små marginer. Ser at snitt på alt som plasseres ved totalstasjonen blir bedre. Sammenligner det med da dem gikk fra å bruk nivellerings kikkerter til å få planlasere da dem skulle sette ut høyder, da det ble et jevn over bedre resultat. Må få det ut på alle byggeplasser, dette er noe som alle byggeplasser kan bruke. Men ser jo alt vi er i en konservativ bransje og ting tar tid, men forhåpentligvis vil det bedre seg. Jo enklere utstyret er jo bedre er det. Føler det burde være et bedre system for hvordan vi kan sikre oss at det er de nyeste revisjonene av modeller som blir brukt. På samme måten som når vi henter ned tegninger fra prosjekthotellet er det kun siste revisjon som er tilgjengelig.
Debrifing	Avrunding la intervjuobjektet komme med tilføyelser eller annen informasjon som ikke er kommet frem gjennom intervjuspørsmålene.	Noe annet å tilføye? -fjerner vi noe av det som er viktig hos betong arbeiderne, som å lese tegninger og bruke akser? Mail ved eventuelle tvil eller oppfølgingsspørsmål?	Hvis betongarbeiderne får ta del i utviklingen så styrker vi han, dette kan gjøre at jobben blir mer spennende. Alle arbeidere på byggeplassen får sin digitale tilgjengelighet. Ser gevinsten av at alle har tegninger tilgjengelig på telefon på byggeplassen. Hjelpemidder må være tilgjengelig, og enkle og bruke.

4

Prosjektledelse boligprosjekt

Spørreskjema prosjektledelse

Referanseramme	Formål	Intervjuspørsmål	Svar
Generell info	Oppvarmingsspørsmål - bli kjent med intervjuobjektet	Navn? Firma? Fag/Stilling/funksjon? Erfaring i år?	Prosjektleder 7 års erfaring som byggeleder og prosjektleder Byggeleder 12 års erfaring som Byggeleder 26 år totalt
BIM	Bli kjent med intervjuobjektets erfaringer og holdninger i forbindelse med BIM	Bruker du BIM? Hva slags erfaringer har du med BIM i produksjonen?	BIM brukes til mest i planlegging og prosjektering, men ikke så mye så når det kommer til drift. Bruke til å se på detaljer, hvordan et skal se ut når de det er ferdig. Men det brukes fortsatt flate tegninger (2d tegninger) BIM kiosk: Mest for å orientere seg, måltaking for tekniske fag Andre bruks områder kan være mengdeuttak til for eksempel sluttoppgjør med under entreprenører Måltaking, under byggeprosessen
Stikking fra BIM	Avdekke intervju objektet egne observasjoner i forhold til effekter.	Hva slags effekter har blitt observert i forbindelse med stikking fra BIM vs. Manuel plassering? - Har dette medført noen besparelser i tid? - Hvordan har kvaliteten/presisjonen på arbeidet som er utført?	Håper det, vanskelig å måle den nøyaktige gevinsten. Det har vært gode tilbakemeldinger fra produksjon er at de sparer mye tid på det. Spesielt når basen kan stikke selv er det mye tid spart istedenfor å vente på stikker. Sparer vi tid? Mulig hvis vi har totalstasjonen på byggeplassen og basen med i prosjektteamet, da ville vi nok spart tid. Stikking så som så, før stikking fra BIM hvor annen landmåler hadde satt noen feil høyder - Disse feilene finnes ikke lengre Får en bedre kvalitet,

1

		- Har dette medført noen besparelser i økonomi?	Avvik, nå har vi jo kun stukket det konstruksjons tekniske, så vis vi får avvik her så blir det fort ganske dyre avvik, så det gjelder å få det riktig første gang. Brukt en del tid og penger før «stikking fra BIM» på merarbeid forbundet med feil plassering. Har ikke sett noen avvik forbundet med det konstruksjons tekniske, etter vi startet «stikking fra BIM». Ville nok også gitt en effekt på kvalitet forbundet med at det er 5 like blokker som skal bygges, og at vi kunne stramt opp stikker og stål. Men det var en stor endring når vi startet og stikke fra BIM Har vært en del avvik i forhold til plassering av søyler, er det vanskelig å si om det er feil i utførelsen eller feil i stikking. Kan være innstøpt feil selv om det er stukket riktig, for eksempel kunne det blitt støpt inn ei plate på feil side av streken som var satt. Virker som effekten har vært bra. Besparelse på å ikke leie inn stikker, den er lett og se. Den største effekten er at vi klarer og luke bort avvik på feil plassering og gjøre det rett første gang. Besparelse i rene penger er nok ikke så ekstremt stor, det vil uansett bli brukt noen penger på stikking uansett hvem som gjør det. Men ved gjennomføre stikkingen med de vi har på huset vil det kanskje være snakk om en besparelse på 10 –15 tusen i måneden.

2

			Viktigste er nok at vi har kontroll og at basen er ikke gjør feil når stikkingen gjennomføres. Flere punkt når vi gjøre det selv, medfører en større kvalitet på alt som blir plassert. Viktig faktor at den som selv skal utføre jobbe får stikke ut akkurat det han trenger, vet hvilke punkt som trengs. Største gevinsten er nok ikke regningen til landmåleren (innleid) men at vi gjør det riktig første gang og unngår merarbeid. Basen vet nok mer nøyaktig hvor mye tid han sparer.
Stikking fra BIM	Avdekke intervjuobjektets observasjoner i forhold til utfordringer.	Hvilke utfordringer har det vært i forbindelse med stikking fra BIM/modell? Hvilke Tekniske utfordringer har det vært: - I forbindelse med modeller og arbeidsgrunnlag? - Kollisjoner? Hvilke Organisatoriske utfordringer har det vært: - I forbindelse med opplæring og bruk av utstyr?	Modell fra RIB, bærende konstruksjoner pleier å være på plass tidlig, da andre må plassere sine komponenter basert på denne modellen for bæresystemet. Mest endringer på arkitektens modell, men har ikke vært noe som har kunne påvirke stikkingen. Innervegg litt mer risikabelt, kan fort bli avvik på innervegger, ofte mye endringer. Lite å hente på stikking av innervegger, ved å stikke inner- og yttervegger samtidig vil i ikke ta hensyn til bygningsavvik på betong. Vil de fort kunne bli feil med tanke på romstørrelser da lettvegger ofte måles ut fra betongvegger. Tømreren kommer langt med Akser og høydemerker. Har ikke sett noen utfordringer, men neste steg vil jo være at bas eller formann tar over – må ha opplæring, må opp læres ute og det må øves på. Går litt tid med opplæring, hvis dette skal være en bas eller formanns oppgave. Kan også tenkes at dette kunne

3

			vært en spesialist oppgave hvor det finnes en dedikert stikker som server flere prosjekt. Det må utarbeides en plan for hvordan stikkingen skal gjennomføres. Må nok ha en superbruker som kan bistå med support. Men dette er nok ikke for alle, det må være noen som har litt interesse og er opptatt av og være nøyaktige.
	Redegjøre for intervjuobjektets tanker i forbindelse videre implementering av stikking fra BIM.	Hvordan vil veien videre se ut, i forbindelse med stikking fra BIM? - Kan dette implementeres på andre byggeplasser?	Ja, dette er nok fremtiden, men det må settes krav til bas og formann, de må også digitaliseres Stikking fra modell er nok en vei å gå Flere måter å løse dette på vi kan hente inn en spesialist, eller noen i prosjektet kan gjøre det. Det må være noen dediketre på byggeplssen som har lyst til å drive med dette. Det er kanskje vanskelig å «prakke» dette på folk som ikke har interesse. Selv om det ikke er alt vi vil gjøre så er det ting vi må gjøre. Kan nok være lettere med yngre som har litt interesse for dette, enn en eldre bas som har brukt papirtegninger hele livet. Den eldre basen vil nok være litt påvirket av kultur.

4

		- Har det vært noen negative opplevelser? - Kan/bør noe endres? <u>Ville det være interessant å kunne se innmålte og utstukkede punkt i solibri?</u>	Men det kan jo også være det kommer en trainee som synes dette er interessant og har lyst til å bistå med stikking. Vil nok variere fra prosjekt til prosjekt hvordan dette skal løses. - På dette prosjektet har vi en bas som er interessert og har lyst til å drive med dette. Stikking fra Modell er nok kommet for å bli! Nei, ingen negative opplevelser Vil nok være de som bruke det ut, vil nok være de rett og spørre. I så fall software som er mer brukervennlig kan ikke tenke seg noe annet. Hadde vært bra å kunne bruke de punktene som en dokumentasjon og vise at det vi har bygd er rett Vi får en historie på det som er bygd.
	Avrunding la intervjuobjektet komme med tilføyelser eller annen informasjon som ikke er kommet frem gjennom intervjuspørsmålene.	Noe annet å tilføye? Mail ved eventuelle tvil eller oppfølgingsspørsmål?	Ikke vært inni i det, men tonen fra brukerne er bra! Mine Kostnader på å rette opp feil, mindre kostander på eksterne stikkere. - Holder penger i eget hus, det er bra Ser lite negativt. Om det er stikking fra modell eller erfaring hos arbeiderene som bidrar til færre feil er uvisst. Kan fremdeles være menneskelige svikt som bidrar til feil.

5

A-3. Intervjuguider besvart ved skoleutbygningsprosjekt

Lydopptak fra alle intervju ved skoleutbygningsprosjektet finnes

Bas/formann elektro skoleutbygningsprosjekt

Spørreskjema Fag

Referanseramme	Formål	Intervjuspørsmål	Svar
Generell info	Oppvarmingsspørsmål - bli kjent med intervjuobjektet	~~Navn?~~ ~~Firma?~~ Fag/Stilling/funksjon? Erfaring i år?	_____ _____ Bas- Forman Elektro 30 år
BIM	Bli kjent med intervjuobjektets erfaringer og holdninger i forbindelse med BIM	Bruker du BIM? Hva slags erfaringer har du med BIM i produksjonen?	Ja, sjekke tegninger, at ting er i orden før vi begynner å bygge, må ha tegninger. Sjekker i Solibri i BIM- kiosk, høyder på ting.
Stikking fra BIM	Avdekke intervju objektet egne observasjoner i forhold til effekter.	Hva slags effekter har blitt observert i forbindelse med stikking fra BIM vs. Manuel plassering? - Har dette medført noen besparelser i tid? - Har dette medført noen besparelser i økonomi? - Har der medført endringer i kvaliteten/presisjonen på arbeidet som er utført? - Hvordan var arbeidsgangen? boret dere mens dere monterte? - Hvordan vil du anslå tidsbruken for Oppmåling – boring – installasjon (Tid og prosent)	**TID:** Tid, veldig gunstig, å få det stukket ut på forhånd slik at vi kun trenger å borre. Vi slipper å bruke tid på å måle ut selv. Måle ut selv: halv dag pr. etg med kun merking, så kommer boring i tillegg. **Økonomi:** Ja, det finnes. Det vil gjøre det på sikt, ved mange etasjer, som kan merkes ut. **Kvalitet:** Men om alle merkene stemmer, det er en annen sak. Vi har vært heldig. Sprinkler bruker ikke alle hull, som er merket. Vi har korrigert litt, pga. skille/lett vegger. Må gjøres for at tømrer kan bygge veggen som han skal. Men små endringer Teknisk bureau - elektrisk, borret alle hullene på forhånd for alle fag 1 – 5 etg. Mye kjapper å måle på forhånd. Borring 1,5 minutter pr hull. 40 - 10 -50% Boring tok tid.

1

Stikking fra BIM	Avdekke intervjuobjektets observasjoner i forhold til utfordringer.	Tekniske utfordringer (modell/produksjonsunder lag) - Ble alle hullene som ble boret benyttet? Evt. Hvorfor ikke? Ble det boret andre hull? - Er det mindre konflikter mellom fagene en vanlig, når opphengs punkter bestemt? Organisatorisk - Forsvinner en del av jobben din ved å gjør plasseringen av oppheng på denne måten?	Litt korrigering på grunn av vegger. Kun sprinkler som har begynt, så vanskelig å si da det er på et tidlig stadium. Måtte borre andre hull for å flytte kabel broen. Har ikke møtte noen konflikter enda, kan bli på grunn av høyder ved at kabler må legges over ventilasjon og rør. Vil bli mindre konflikter, når plasseringen av alt er bestemt ut fra BIM. Har brukt tegninger og modell i montasjen. Modell for de visuelle, for å unngå konflikter. Kan da korrigere kabelbroene. føler ikke at jobben forsvinner, helt ypperlig å komme til ferdig merket. Må finne metoder som går kjappere, utvikling.
	Redegjøre for intervjuobjektets tanker i forbindelse videre implementering av stikking fra BIM.	Hvordan vil veien videre se ut, i forbindelse med stikking fra BIM? - Har det vært noen negative opplevelser? - Hva var det beste/verste med og komme til ferdig utmerkede opphengs punkt? - Kan dette implementeres på andre byggeplasser og f.eks. brukes av fagene selv? - Kan/bør noe endres?	Nei Værste er planlegging mye utstyr plassert i etasjen, mye flytting av material for å skape tilkomst. Kunne vært bedre planlagt, spart mye tid rydding. Ja kan helt klar brukes på andre bygger. Ta i bruk selv, usikker på om det, mye å sette seg inn i. Kunne leid inne et firma til å gjøre denne utmerkingsjobben.
Debrifing	Avrunding la intervjuobjektet komme med tilføyelser eller annen informasjon som ikke er kommet frem gjennom intervjuspørsmålene.	Noe annet å tilføye? Mail ved eventuelle tvil eller oppfølgingsspørsmål?	Nei Ja, gjerne ring

Anleggsleder/bas rør skoleutbygningsprosjekt

Spørreskjema Fag

Referanseramme	Formål	Intervjuspørsmål	Svar
Generell info	Oppvarmingsspørsmål - bli kjent med intervjuobjektet	~~Navn?~~ ~~Firma?~~ Fag/Stilling/funksjon? Erfaring i år?	 Anleggsleder rør 20år
BIM	Bli kjent med intervjuobjektets erfaringer og holdninger i forbindelse med BIM	Bruker du BIM? Hva slags erfaringer har du med BIM i produksjonen?	Ja Det er bra, vanskelig å jobbe ut fra bim, hvis bim det eneste produksjon underlag. Da skal modellen være bra. Det må være muligheter for at arbeiderene skal kunne få tilgang til BIM rundt på plassen, trenger mer enn en stasjon, gjerne flere i hver etasje. Fin å kunne visualisere hva som skal bygges, vanskelig å se på en tegning, hvordan utførelsen skal være.
Stikking fra BIM	Avdekke intervju objektet egne observasjoner i forhold til effekter.	Hva slags effekter har blitt observert i forbindelse med stikking fra BIM vs. Manuel plassering? - Har dette medført noen besparelser i tid? - Har dette medført noen besparelser i økonomi?	**TID:** Vanskelig svare da, vi er i tidlig fase. Sprinkler har bruk merker, men forestiller seg at det er en kjempe hjelp. Har merket så vi kan se hvor rørene skal gå. Spare tid på å slippe og måle selv. Hatt andre til å borre, så må er det bare å montere opphengsstak og rørklammer. Hull for kjerneboring er blitt også merket ut, før et annet firma kjerne borer. Da vet vi at utsparingene stemmer med det som skal bygges – totalentreprenør er ansvarlig for boringen. Underentreprenør har sammen med konsulent har levert tegninger med koordinater for utsparinger **Økonomi:** Økonomi, vil tror det kommer til å gjøre det. Planlagt ut fra at alt er ut merket, får derfor en besparelse når vi slipper å bruke tid på å merke. Kan gi en økonomisk besparelse ved at vi kan unngå mer

		- Har der medført endringer i kvaliteten/presisjonen på arbeidet som er utført? - Hvordan var arbeidsgangen? boret dere mens dere monterte? - Hvordan vil du anslå tidsbruken for Oppmåling – boring – installasjon (Tid og prosent)	arbeid ved å flytte allerede monterte rør, henger sammen med kvalitet **Kvalitet:** Kvalitet, ikke stor forskjell, kvaliteten er sammen som tidligere, lite til ingen innflytelse. Fordel med at posisjonen er bestem, ved å merke ut vet alle hvor sine rør skal gå. Slipper derfor at det blir feil om en måler ut sine rør feil. Alle hullene ble boret i forkant av monteringen. Teknisk Bureau har hatt 5 mann til å bore allene hullene. Brukte lifter til å skape tilgang, kunne kjøre rundt i tillegg til å rett arbeidshøyde. Tidsbruk, mener stikking fra BIM kan halvere tid tiden. Forbi vi slipper å bruke tid på å måle ut hvor rørene skal gå. Er ikke det vanskeligste å borre hulle, men og finne ut hvor hulle skal være tar tid. Gammel 10-15% på boring, merking og boring henger jo litt sammen. Men når vi har hullene, kan vi starte monteringen. Boring snitt 1-3 minutter pr hull, avhengig av tetthet på opphengene. Robot hadde påvirket HMS positivt.
Stikking fra BIM	Avdekke intervjuobjektets observasjoner i forhold til utfordringer.	Tekniske utfordringer (modell/produksjonsunder lag) - Ble alle hullene som ble boret benyttet? Evt. Hvorfor ikke? Ble det boret andre hull? - Er det mindre konflikter mellom fagene en vanlig, når opphengs punkter bestemt?	Sprinkler hull altfor tett tidligere. Kunne brukt tid på å gå gjennom modell for å fjerne unødvendige oppheng. Kunne nok fjernet ca. 100 oppheng pr. etg. hull som ikke ble brukt. Kunne spart mye tid. Vet hvor dine rør skal være, men høyden er fremdeles viktig. Alle fag bruker felles høydemerker som plassert rundt i bygget, alle merkene er plassert 1meter over ferdig gulv.

		Organisatorisk - Forsvinner en del av jobben din ved å gjør plasseringen av oppheng på denne måten?	Bra inntil videre, men har ikke selv startet å bruke dem. Har ikke hørt klager på utmerkingen, boret litt selv for sprinkler. Fordel med å at Sprinkler har kommet i gang på en tidlig fase, før noen andre ting er blitt bygget. Går mye hurtigere, en vanligvis. Fordel ved at sprinkler ligger helt oppi taket. Jobben forsvinner ikke, alltid mangler i modell alltid litt ekstra. Hente ut materialister fra model, for de forskjellige soner, kjempe for del. Kan få for mye hvis rørene kommer ut av sonen men dette kan kontrolleres visuelt (sjakter feil).
	Redegjøre for intervjuobjektets tanker i forbindelse videre implementering av stikking fra BIM.	Hvordan vil veien videre se ut, i forbindelse med stikking fra BIM? - Har det vært noen negative opplevelser? - Hva var det beste/verste med og komme til ferdig utmerkede opphengs punkt? - Kan dette implementeres på andre byggeplasser og f.eks. brukes av fagene selv? - Kan/bør noe endres?	Ingen negative opplevelser, har ikke hørt noe enda. Det er bra Det er ikke noen dårlige sider, vi slipper alt av merking. Ofte her vi får problemer ved feil høyder og plassering av rør. Ja, kan brukes på alle byggeplasser. Kunne gjerne hatt en selv, men krever mye forarbeid før vi kan starte. Krever at det finnes modell og prosjekteringa av oppheng. Skal ha kvalifiserte arbeidere til å gjøre det
Debrifing	Avrunding la intervjuobjektet komme med tilføyelser eller annen informasjon som ikke er kommet frem gjennom intervjuspørsmålene.	Noe annet å tilføye? Mail ved eventuelle tvil eller oppfølgingsspørsmål?	Koster litt ekstra siden roboten ikke kunne gjøre oppgaven, + 60-70 tusen ekstra kost. Gjerne ringe.

3

Bas sprinkler skoleutbygningsprosjekt

Referanseramme	Formål	Intervjuspørsmål	Svar
Generell info	Oppvarmingsspørsmål - bli kjent med intervjuobjektet	~~Navn?~~ ~~Firma?~~ Fag/Stilling/funksjon? Erfaring i år?	 Bas- sprinkler 3-4 år nyere, rørlegger - 28 år
BIM	Bli kjent med intervjuobjektets erfaringer og holdninger i forbindelse med BIM	Bruker du BIM? Hva slags erfaringer har du med BIM i produksjonen?	Ja, litt, visualisering det som skal bygges. Har alltid hatt modell, første prosjekt som bygges etter modell, umulig for sprinkler å jobbe etter modell. Produktivitetsmesig dårlig. Produsert tegninger fra modellen, utvidet tegninger, laget målsettinger.
Stikking fra BIM	Avdekke intervju objektet egne observasjoner i forhold til effekter.	Hva slags effekter har blitt observert i forbindelse med stikking fra BIM vs. Manuel plassering? - Har dette medført noen besparelser i tid? - Har dette medført noen besparelser i økonomi?	**TID:** Ja, på mange måte, slipper å måle ser vi vi skal monter. Små dimensjoner, mye stikk, må bore hull i hovedledningene til stikkene. Hadde det vært større dimensjoner på hovedledninger måtte hull til stikkene vært boret på bakken. Da hadde det vært vanskelig å treffe de små stikkledningen, og vi måtte boret nye hull for disse, vill gitt mer arbeid. Men dette prosjekter spesielt, siden alle hovedledningene er så små at vi kan bore hull i dem til stikkene. Hadde vært en fordel at alt til hovedledninger blir merket/boret i taket, så selv borer for stikkledningene. Kunne da prefabrikkert alt på bakken før det ble montert i taket. Måtte da boret oppheng for små stikk selv. konkluderer med at det er tid spart uansett.

1

		- Har der medført endringer i kvaliteten/presisjonen på arbeidet som er utført? - Hvordan var arbeidsgangen? boret dere mens dere monterte? - Hvordan vil du anslå tidsbruken for Oppmåling – boring – installasjon (Tid og prosent)	**Økonomi:** Både ja og nei. Spart litt tid, når vi slipper oppmåling uansett litt opp i opp. **Kvalitet:** Litt, dårligere kvalitet på oppheng ift. Regleverk. Forbedrings potensial. Ganske omfattende regleverk. Burde vært mer involvert i planleggings fasen for å få utnyttet arbeidet som ble gjort på forhånd best mulig, i tillegg til rett plassering på opphengene. Misforståelser ift. ønske om plassering av oppheng. Har medført at noen nye hull har måtte bli boret Litt saksing, men har kunne bruke hullene. Tidligere boret mens vi montere, bore litt på forhånd. Best ved å borre etterhvert. Tar ikke lang tid å plassere, bore og merke, 3-4 mann, tatt noen dag. Noen få prosent på utmerking og boring, resten på montasje.
Stikking fra BIM	Avdekke intervjuobjektets observasjoner i forhold til utfordringer.	Tekniske utfordringer (modell/produksjonsunderlag) - Ble alle hullene som ble boret benyttet? Evt. Hvorfor ikke? Ble det boret andre hull? - Er det mindre konflikter mellom fagene en vanlig, når opphengs punkter bestemt? Organisatorisk	Noen få ekstra hull (stikk), detaljer er blitt misforstått, for eksempel ved grenrør, trenger bare 1 i nærheten for et grenrør, men det er boret opp for 3. Benyttet de hullene som var, men bare brukt halvparten av hullene. Konflikt mot andre fag. Forbedring ved at alle opphengs punkter bestemt, skal mye til for å at det blir feil. Inne på tidlig fase, før innveger var satt opp, hadde ikke hatt noe å måle ut fra, ved kun råbygg. Lange avstander vanskelig å måte ut selv da.

2

		- Forsvinner en del av jobben din ved å gjør plasseringen av oppheng på denne måten?	Nei, vi slipper og borre. Ikke kjekkeste jobben og borre. Tidsbesparende på dette prosjektet, ikke med andre typer sprinkleranlegg. Måtte utført alt på en annen måte.
	Redegjøre for intervjuobjektets tanker i forbindelse videre implementering av stikking fra BIM.	Hvordan vil veien videre se ut, i forbindelse med stikking fra BIM? - Har det vært noen negative opplevelser? - Hva var det beste/verste med og komme til ferdig utmerkede opphengs punkt? - Kan dette implementeres på andre byggeplasser og f.eks. brukes av fagene selv? - Kan/bør noe endres?	Negativt, plassering forbedrings potensiale! Fungere bedre enn antatt. Prosjektøren må kjenne til regelverket for sprinklere (oppheng). Ja, absolutt på andre byggeplasser. Selv kommer ann på pris om det er fornuftig og utføre dette selv. Vurdering på prosjekt om det er hensiktsmessig og bore og ikke bore på forhånd.
Debrifing	Avrunding la intervjuobjektet komme med tilføyelser eller annen informasjon som ikke er kommet frem gjennom intervjuspørsmålene.	Noe annet å tilføye? Mail ved eventuelle tvil eller oppfølgingsspørsmål?	HMS bedre med robot

3

Bas ventilasjon skoleutbygningsprosjekt

Spørreskjema Fag

Referanseramme	Formål	Intervjuspørsmål	Svar
Generell info	Oppvarmingsspørsmål - bli kjent med intervjuobjektet	~~Navn?~~ ~~Firma?~~ Fag/Stilling/funksjon? Erfaring i år?	 Bas – ventilasjon 1996 – 23 år
BIM	Bli kjent med intervjuobjektets erfaringer og holdninger i forbindelse med BIM	Bruker du BIM? Hva slags erfaringer har du med BIM i produksjonen?	Ja, BIM og Solibri. På dette prosjektet skal solibri brukes som produksjons underlag, modell går foran tegning. BIM var hjelpemiddel for 2d, brukt til å visualisere Litt, utfordringer ved å bruke 3d som produksjonsunderlag, tegning må være tilgjengelig. Vanskelig å måle i modell, for å få nøyaktig senter på et rør, tar derfor mye tid å måle i modell. Kan for eksempel måle tre ganger og få forskjellige verdier hver gang. Må forbedres eller må vi ha 3d og 2d tegninger som produksjonsunderlag.
Stikking fra BIM	Avdekke intervju objektet egne observasjoner i forhold til effekter.	Hva slags effekter har blitt observert i forbindelse med stikking fra BIM vs. Manuel plassering? - Har dette medført noen besparelser i tid?	Ikke i gang med arbeid, starter på mandag. Sprinkler har brukt, nesten ferdig. Elektriker har og startet. Ring neste uke, for å få tilbakemeldinger fra oss hvordan det har gått **TID:** Kanonbra, hvis alle hullene stemmer, da sparer vi masse tid. Trenger ikke tegning eller 3d? Men vil ta kvalitetssikring av punkt. Selv om vi ikke er i kommet i gang kan få noe besparelse med å komme til ferdige hull. Den største besparelsen er at vi slipper og borre. Slik som her hvor forarbeidet med å borre alle hullene er gjort, men vi må stole på det forarbeidet som er gjort. Da trenger vi bare en liten orienteringstegning. Så bruker vi bare merkene som er

			satt i taket, da trenger vi ikke kontroll måle. Da snakker vi sparing, men noen må godkjenne. Må uansett kontroller som sin egen kvalitetssikring. **Økonomi:** Ja, tid er penger, det går fortere for oss, noen sparer men vet ikke hvem.
		- Har dette medført noen besparelser i økonomi?	**Kvalitet:** Tror at det vil hjelpe god på kvalitet, hvis det stemmer alle merkene stemmer
		- Har der medført endringer i kvaliteten/presisjonen på arbeidet som er utført?	Borret ikke selv, må kanskje bore ekstra oppheng, hvis det kreves noen tilpasninger på plassen
		- Hvordan var arbeidsgangen? boret dere mens dere monterte? - Hvordan vil du anslå tidsbruken for Oppmåling – boring – installasjon (Tid og prosent)	Tar ikke så lang tid å måle ut, når vi har 2D tegninger, kan da måle fra søyler, vegger osv. Tar litt tid. Vanskelig å vite hvor lang tid. Må bruke lift for å måle ut punkter, tar tid med flytting osv. 10 minutter pr hull. Gjennomsnitt på bein strekning 4-5 minutter pr. hull. Prosentvis: 20% merking og boring - 70-80
Stikking fra BIM **(10 min)**	Avdekke intervjuobjektets observasjoner i forhold til utfordringer.	Tekniske utfordringer (modell/produksjonsunder lag) - Ble alle hullene som ble boret benyttet? Evt. Hvorfor ikke? Ble det boret andre hull? - Er det mindre konflikter mellom fagene en vanlig, når opphengs punkter bestemt? Organisatorisk	 Ikke startet monterings arbeidet. Men det er flere faktorer som spiller inn, ventilasjonskanalene må stemme med utsparingen, skjørt, innervegger osv. Men hvis ikke oppmerking stemmer, må alt borres på nytt. Vil bli mindre konflikter mellom fagene, alle bruker bare de allerede bestemte merkene.

		- Forsvinner en del av jobben din ved å gjør plasseringen av oppheng på denne måten?	ja, det gjør det, så lenge det er riktig. Alt må være riktig.
	Redegjøre for intervjuobjektets tanker i forbindelse videre implementering av stikking fra BIM.	Hvordan vil veien videre se ut, i forbindelse med stikking fra BIM? - Har det vært noen negative opplevelser? - Hva var det beste/verste med og komme til ferdig utmerkede opphengs punkt? - Kan dette implementeres på andre byggeplasser og f.eks. brukes av fagene selv? - Kan/bør noe endres?	Så lenge alt stemmer er det veldig positiv, alt skal treffe med himlingen. Skal montere 90% nå og de siste 10% når himling blir montert. kommer til ferdig boret, sparer tid, togene går, alt er bra. Værste hvis ingenting stemmer På alle byggeplasser, kan man gjøre dette, så lenge det stemmer. Spørs om man får tilgang til prosjekt til å gjøre det i en så tidligfase. Variere fra prosjekt til prosjekt når de tekniske fagene får tilgang. Får vi tilgang, så kan man forberede alt, f.eks kun for vårt arbeid. Men da må alle bruke det, hjelper ikke hvis de andre arbeid ikke passer med vårt, det er mange faktorer som skal passe for å skape et perfekt game. Merkene i taket må være det gjeldene arbeidsgrunnlaget. Men det nå være godkjent, alle må bruke det samme grunnlaget. Noen må godkjenne/akseptere arbeidet, eller er det bortkastet
Debrifing	Avrunding la intervjuobjektet komme med tilføyelser eller annen informasjon som ikke er kommet frem gjennom intervjuspørsmålene.	Noe annet å tilføye? Mail ved eventuelle tvil eller oppfølgingsspørsmål?	Nei

3

Byggeleder skoleutbygningsprosjekt

Spørreskjema prosjektledelse

Referanseramme	Formål	Intervjuspørsmål	Svar
Generell info	Oppvarmingsspørsmål - bli kjent med intervjuobjektet	~~Navn?~~ ~~Firma?~~ Fag/Stilling/funksjon? Erfaring i år?	Prosjektleder drift ca 20 år i byggebransjen totalt, 10 år som PL
BIM	Bli kjent med intervjuobjektets erfaringer og holdninger i forbindelse med BIM	Bruker du BIM? Hva slags erfaringer har du med BIM i produksjonen?	Bruker BIM i prosjektet, blant annet solibri og BIMsync. BIM ble bruk veldig mye i oppstartsfasen for å sette seg inn prosjekt, henvendelse mot prosjekterende, problemer synliggjøre og tydeliggjøre problemer. Nå i produksjonsfasen, med tanke på fremdrift, brukes det ikke like mye, ettersom det meste allerede er avklart, hente opp historie, Bruker visning av modell daglig. Undersøke detaljer og plattform for diskusjon med utførende. Kommunikasjon med prosjekterende var det mer i oppstartsfasen.
Stikking fra BIM	Avdekke intervju objektet egne observasjoner i forhold til effekter.	Hva slags effekter har blitt observert i forbindelse med stikking fra BIM vs. Manuel plassering? - Har dette medført noen besparelser i tid? - Har dette medført noen besparelser i økonomi?	Tid, absolutt, det er veldig effektivt, men vi har jo også mange flere målepunkt som plasseres. Hadde dette skulle vært gjort manuelt, måtte antallet punkt vært redusert, ville tatt for lang tid. Men fordi vi i dag har en måte å enklere få markert flere punkt, så kan dette gjøres. og skulle vi brukt tommestokk og målebånd for å måle ut samme antall punkt hadde tatt mye lengre tid. Kostnad stipulert i forprosjekt, billig arbeidskraft ved å hyre studenter til å gjennomføre denne oppgaven på deltid.

1

		- Hvordan har kvaliteten/presisjonen på arbeidet som er utført?	Har hørt at opplæringen er grei, og ser for seg at flere kunne brukt det i frem tiden. I tillegg til at den gjerne kunne vært brukt i større grad og omfang. Kostnaden: Totalstasjonen koster jo også, men enkelt regne stykke; 25000 for totalstasjon + 50000 i arbeid = 75000 estimert kostnad for å bruke totalstasjonen. Estimert kostnad merking med robot; 300 000 - men det skal jo også tas i betraktning at roboten borrer selv. Noe de utførende gjør selv nå. Har sett på plassen at det er hull som ikke blir brukt, men usikker på hvordan regler til avstander mellom opphengene fungere. Ja, det vil nok bli en bedre kvalitet ved å bruk totalstasjonen, Men forarbeidet kan bli bedre
Stikking fra BIM	Avdekke intervjuobjektets observasjoner i forhold til utfordringer.	Hvilke utfordringer har det vært i forbindelse med stikking fra BIM/modell? Hvilke Tekniske utfordringer har det vært: - I forbindelse med modeller og arbeidsgrunnlag? - Kollisjoner?	Har ikke hørt om noen utfordringer tilknyttet modellene bruk i selve stikningen Men de største utfordringene er nok til knyttet til når stikningen ble gjennomført. Utstikking burde vært inne enda tidligere, skulle vært ferdig utmerket før tekniske fagene kom på plassen. Sent i gang, men utmerking gikk fortere enn planlagt, ble estimert til å ta ca 2 uker pr etasje. Produksjon i helen, men kun tilknyttet at de tekniske fagene ville gå gang før dem skulle. I tillegg kunne dem som boret opphengene at det var god tilgang og at boringen gikk fortere enn estimert. Kunne med fordel vært inne tidligere med boring. Annet; Hvorfor kommer ikke element med skinne? Men det er

2

		Hvilke Organisatoriske utfordringer har det vært: - I forbindelse med opplæring og bruk av utstyr?	jo på sammen måten ikke mye avvik man kan ha på byggeplassen da. Logistikkmessig, var det mye som måtte flyttes på underveis når dem skulle gjennomføre ustikningen, blant annet en hel haug med flytting av vindu. Organisatorisk OK, har ikke vært utfordringer med opplæring. Nevnte for kollegaen, at dem med fordel kunne hentet inn en profesjonell stikker til å gjennomføre avsjekk/godkjenning av opphengene, stikk prøver. Så at det var fordeler tilknyttet til at tømreren hadde montert sine toppsviller til innerveggene. Utsikking av toppsville, hadde vært fornutig.
	Redegjøre for intervjuobjektets tanker i forbindelse videre implementering av stikking fra BIM.	Hvordan vil veien videre se ut, i forbindelse med stikking fra BIM? - Har det vært noen negative opplevelser? - Kan dette implementeres på andre byggeplasser? - Kan/bør noe endres?	Enda tidligere ute med alt av utstyr, spray osv. HMS har vært dårlig, dårlig arbeidsstilling med å se i taket hele dagne. Selve utstikningsverktøyet kunne med fordel vært utviklet. Absolutt på andre byggeplasser, jo større skal jo bedre. Mest i forhold til om det kunne vært tatt i bruk hjelpemidler som var enklere å bruk enn totalsituasjonen. Stikke mer, kunne gjerne stukket akser og høyder selv.
Debrifing	Avrunding la intervjuobjektet komme med tilføyelser eller annen informasjon som ikke er kommet frem gjennom intervjuspørsmålene.	Noe annet å tilføye? Mail ved eventuelle tvil eller oppfølgingsspørsmål?	Gått veldig bra, grei løsning i forhold til omstendigheter.

3

Prosjektleder skoleutbygningsprosjekt

Spørreskjema prosjektledelse

Referanseramme	Formål	Intervjuspørsmål	Svar
Generell info	Oppvarmingsspørsmål - bli kjent med intervjuobjektet	Navn? Firma? Fag/Stilling/funksjon? Erfaring i år?	Prosjektleder 25 år
BIM	Bli kjent med intervjuobjektets erfaringer og holdninger i forbindelse med BIM	Bruker du BIM? Hva slags erfaringer har du med BIM i produksjonen?	Ja, ikke så gode på det, bruket det til visualisering av løsninger, hvordan skal det set ut når det er bygget. Kontrollere at det som skal bygges ikke er i konflikt med andre fag.
Stikking fra BIM	Avdekke intervju objektet egne observasjoner i forhold til effekter.	Hva slags effekter har blitt observert i forbindelse med stikking fra BIM vs. Manuel plassering? - Har dette medført noen besparelser i tid? - Har dette medført noen besparelser i økonomi?	Tid, vanskelig å se for seg, har ikke vært så mye involvert i stikningen Men det har vært utfordring med at de tekniske fagene jobber i modell, andre fag jobber fra tening, avvik i grensesnitt. Prosjekterende plasserer objekter sin modell som også skulle vært på tegning, detaljer som fall, brannluke, kasser på tak. Modell er ikke ferdig nok, enten ingen eller alle skal bruke BIM, løsningen vi bruk er ikke bra. Ser det som tidsbesparende at merking av oppheng er gjort før innevegger er kommet opp, vil være tidsbesparende. Hvor det vil være enklere å bruke lifter og andre hjelpemiddel. Ser for seg at vi har spart litt tid ja. Ser at det blir brukt mye penger på stikning, Vet ikke om vi har spart, enhetsprisene på underentreprenørene er det samme. Men det er nok en reduksjon i tiden som bidrar til at vi sparer penger.

		- Hvordan har kvaliteten/presisjonen på arbeidet som er utført?	Tror at det vil ha en effekt, har ikke funnet noen store avvik enda. Prosjektering, glemmer isolasjon og veggtykkelse, medfører at enkelte rør må flyttes Ble gjort en deal der vi merker og fag borrer selv. Tror ikke vi har fått det noe særlig billigere enn ved at fagene hadde utført utmåling selv. Kan være at de på sikt kunne se effekten, og ville bli med på et samarbeid hvor vi kan få en bedre pris.
Stikking fra BIM	Avdekke intervjuobjektets observasjoner i forhold til utfordringer.	Hvilke utfordringer har det vært i forbindelse med stikking fra BIM/modell? Hvilke Tekniske utfordringer har det vært: - I forbindelse med modeller og arbeidsgrunnlag? - Kollisjoner? Hvilke Organisatoriske utfordringer har det vært: - I forbindelse med opplæring og bruk av utstyr?	Kommer ikke på noen utfordringer, det har gått greit. Men det har vært noen kollisjonstester som ikke har vært gode nok, og installasjoner har måttet bli flyttet på. Men dette er nok mer tilknyttet prosjekteringsfasen. Tror det fleste er nysgjerrige på det. Men personlig har jeg ikke så mye greie på utstyret og mangler gjerne litt interesse for det. Men håper på å lære mer om det på sikt. Krever jo litt opplæring for å kunne ta det i bruk.
	Redegjøre for intervjuobjektets tanker i forbindelse videre implementering av stikking fra BIM.	Hvordan vil veien videre se ut, i forbindelse med stikking fra BIM? - Har det vært noen negative opplevelser? - Kan dette implementeres på andre byggeplasser? - Kan/bør noe endres?	Nei ingen negative opplevelser Kan helt sikkert brukes på andre byggeplasser. Men på dette prosjektet ville nok en Robot vært mer gunstig, kunne med fordel også blitt brukt til merking av innervegger Hver håndverker burde hatt en sånn.
Debrifing	Avrunding la intervjuobjektet komme med tilføyelser eller annen informasjon som ikke er kommet frem gjennom intervjuspørsmålene.	Noe annet å tilføye? Mail ved eventuelle tvil eller oppfølgingsspørsmål?	Veldig spennende, helt sikkert noe som vil komme på sikt, men om vi klare å lage en papirløs byggeplass ved jeg ikke. Ja, sendt mail

Prosjektstikker skoleutbygningsprosjekt

Spørreskjema stikkere

Referanseramme	Formål	Intervjuspørsmål	Svar
Generell info	Oppvarmingsspørsmål - bli kjent med intervjuobjektet	~~Navn?~~ ~~Firma?~~ Fag/Stilling/funksjon? Erfaring i år?	 Stikker/student Utdanning + sommerjobb (stikker, grunnlagsnett)
BIM	Bli kjent med intervjuobjektets erfaringer og holdninger i forbindelse med BIM	Bruker du BIM? Hva slags erfaringer har du med BIM i produksjonen?	Nei, Ikke sånn veldig, men har vært litt innom det gjennom skolen. Men har lite praksis på den biten.
~~**Stikking fra BIM**~~	~~Avdekke intervju objektet egne observasjoner i forhold til stikking fra BIM~~	~~Hva slags effekter har blitt observert i forbindelse med stikking fra BIM vs. Manuel plassering?~~ ~~- Har dette medført noen besparelser i tid?~~ ~~- Har dette medført noen besparelser i økonomi?~~ ~~- Hvordan har kvaliteten/presisjonen på arbeidet som er utført?~~ (ingen forutsetninger til å svare på dette)	
Stikking fra BIM	Avdekke intervjuobjektets observasjoner i forhold til utfordringer.	Hvilke utfordringer har det vært i forbindelse med stikking fra BIM/modell? Hvilke Tekniske utfordringer har det vært: - I forbindelse med modeller og arbeidsgrunnlag? - Hvordan har kvaliteten på stikkingen vært ivaretatt?	Har i grunn ikke vært noen veldig store utfordringer i forhold til modell. Var litt problemet at når det ble lagt inn en DXF fil som bakgrunns kart, som også generete punkter, som kunne misforstås. Dette var en feil i Leica sin programvare. Sjekket at oppstilling var innenfor grenseverdier, utfordringer ved fastmerke taper som står på skrå. Denne totalstasjonen er letter å bruke enn dem jeg har benyttet tidligere. Hvor denne kan styres gjennom en Pad. Prosjektering, av oppheng, oppheng inni sjakter. .

1

		Annet: Hvilke Organisatoriske utfordringer har det vært: - I forbindelse med opplæring og bruk av utstyr?	Men det har vært litt utfordringer tilknyttet logistikk, hvor materiell har vært lagret på ugunstige plasser, som har medført at dette har måttet flyttes for å skape tilkomst til arbeidet. Ettersom dem må stå rett under punktet når det stikkes. Andre studenten som var med ble lei, så den andre måtte ta siste etasjen alene. Var litt vanskelig å jobbe alene i begynnelsen, men det ble bedre etter hvert. Dårlig HMS, ettersom vi gikk og så i taket hele dagen, dårlig arbeidsposisjon.
	Redegjøre for intervjuobjektets tanker i forbindelse videre implementering av stikking fra BIM.	Hvordan vil veien videre se ut, i forbindelse med stikking fra BIM? - Har det vært noen negative opplevelser? - Kan dette implementeres på andre byggeplasser? - Kan/bør noe endres?	Med tanke på at det skulle vært brukt en robot, så ville det vært en fordel med den automatisering. Nei Vil tror det, kan medføre en reduksjon av feilkilder ved å stikke ut alt ut. Nei, enkelt å ta oppstilling, bra interface i programvaren, men kalibrering var vanskelig.
Debrifing	Avrunding la intervjuobjektet komme med tilføyelser eller annen informasjon som ikke er kommet frem gjennom intervjuspørsmålene.	Noe annet å tilføye? Mail ved eventuelle tvil eller oppfølgingsspørsmål?	Veldig ensidig jobb, lærer for hvordan det skal gjøres. Punkt inni sjakter, utilgjengelige for totalsituasjonen, prosjekteringssak ja

2

Trainee skoleutbygningsprosjekt

Spørreskjema prosjektledelse

Referanseramme	Formål	Intervjuspørsmål	Svar
Generell info	Oppvarmingsspørsmål - bli kjent med intervjuobjektet	~~Navn?~~ ~~Firma?~~ Fag/Stilling/funksjon? Erfaring i år?	 Trainee 1 og et halvt år
BIM	Bli kjent med intervjuobjektets erfaringer og holdninger i forbindelse med BIM	Bruker du BIM? Hva slags erfaringer har du med BIM i produksjonen?	Har ikke produksjonserfaring med BIM, men har brukt BIM i tilknytning til oppfølging. Ellers så er det alltid noe som mangler eller kolliderer og Visualisering av hva som skal bygge, i forhold til fremdriftsplan. Ansvar for oppdatering av modeller og Syncro til fremdriftsplanlegging.
Stikking fra BIM	Avdekke intervju objektet egne observasjoner i forhold til effekter.	Hva slags effekter har blitt observert i forbindelse med stikking fra BIM vs. Manuel plassering? - Har dette medført noen besparelser i tid? - Har dette medført noen besparelser i økonomi? - Hvordan har kvaliteten/presisjonen på arbeidet som er utført?	Lyden fra de tekniske er god og de virker fornøyde, har ikke hørt at noen klager på at det er feil. Kan ikke skjønne annet en at det må ha gjort det, men har ikke kunnskap til å kunne sammenligne med den tradisjonelle metoden hvor fagene måler ut selv. Men det ville nok hatt en annen fremgangsmåte. Sparer på det kostnadsmessige på tiden. På sikt vil det gjerne lønne seg, men det er jo en annen kostnad en tommestokk og en laser. Har ikke hørt noe negativt, men regner med fagene hadde gitt beskjed hvis det ikke stemte. Har sett på dataen som kommer tilbake fra totalstasjonen og det ser jo greit ut. I tillegg ser det bra tu på byggeplassen.

1

Stikking fra BIM	Avdekke intervjuobjektets observasjoner i forhold til utfordringer.	Hvilke utfordringer har det vært i forbindelse med stikking fra BIM/modell? Hvilke Tekniske utfordringer har det vært: - I forbindelse med modeller og arbeidsgrunnlag? - Kollisjoner Hvilke Organisatoriske utfordringer har det vært: - I forbindelse med opplæring og bruk av utstyr?	Case med avstander på oppheng, det startet veldig tidlig når fagene ikke var involvert i planlegging. Den første informasjonen kom fra den tekniske underleverandøren i slutten av 2017. Konsulenten som skulle prosjektere opphengene hadde reagert på avstandene, men fikk beskjed av prosjektlederene hos den tekniske underentreprenøren at det skulle være slik. Det ble like vel gjennomført en ny runde med prosjektering. Hvor anleggslederen fra rørleggeren hadde beskrevet nye krav til avstander. Så vi ser jo at det hadde vært en fordel at den riktige personen satt kravene til avstand mellom opphengene. Hvor det spesielt var rør for varme og sprinklere som hadde fått prosjektert for mange oppheng. Hadde sluppet masse arbeid om vi hadde brukt en av dem som hadde erfaring fra byggeplass og kjennskap til krev og regelvek til å beskrive hvordan opphengene skulle plasseres, kunne vi spart mye tid og dobbel prosjektering, etter som alt nesten var ferdig prosjektert når dem fant ut det var feil. Var først litt problemer med kollisjonskontroller av opphengene etter som det var så mange, så det ble avtalt at prosjekterende gjennomførte dette selv ettersom hadde også satt i modelleringsprogramvaren og kunne gjøre justeringer samtidig med kollisjonskontrollen. Ingen problemer med opplæring eller bruk av utstyr. Men det har veldig mye å bety hvem som skal læres opp, alle forutsetningene ligger der jo når to det

2

			landmåling studenter skulle utføre stikkingen. I tillegg vil nok unge folk ta opplæringen lettere.
	Redegjøre for intervjuobjektets tanker i forbindelse videre implementering av stikking fra BIM.	Hvordan vil veien videre se ut, i forbindelse med stikking fra BIM? - ~~Har det vært noen negative opplevelser?~~	Har troen, men det krever jo opplæring – i tillegg må det avklares hvordan skal det organiseres og hvem skal utføre det. Hvis underentreprenører som skal utføre det selv, vil det kreve mye opplæring og hvem skal ta den kosten. Det ville kanskje vært like billig at underentreprenørene leier en stikker selv. Men hvis totalentreprenøren hadde tilgjengeligjort utstyret ville det nok gjerne vært noe dem ville benyttet seg av. Kvalitetssikring av det som blir stikking stukket er jo også en utfordring. Hvem er ansvarlig stikker i prosjektet, og hvem er ansvarlig for at ting får rett plassering. Dette er også et utfordringen vi har møtt, hvor BIM manualen beskriver at høydegrunnlaget som skal brukes er NN1954, mens arkitekt har bruk NN2000, noe som har resultert i at byggets høyde er 9-10 cm feil. Men stikkeren har benyttet korrekt grunnlag, noe som viser viktigheten av at det finnes en som er ansvarlig for alt av utmåling. På innvendigarbeid, vil det være mer trygt å bruk stikking, hvor eksempelvis et litt feil plassert oppheng vil ikke medføre at bygget raser sammen. Men vi kunne jo også undersøkt hvordan vi kunne bruk det på gjennomføringen i dekket. men det er absolutt viktig at det finnes en som er ansvarlig for stikningen på prosjektet.

3

		Ansette en stikker fast på plassen? - Kan dette implementeres på andre byggeplasser? - Kan/bør noe endres?	Stikking jo vært med i kontrakten, hvor kontrakten beskriver ansvarsforhold, eller at UE er ansvarlig for å kontrollere stikningen selv. Hvis det i større grad skulle vært brukt, stikking fra BIM kunne det med fordel vært ansatt en som var stikker eller landmåler i prosjektet. Ville også gjort ansvars forholdet enklere hvor det var en person som hadde ansvaret. Har troen på det, men har ikke fått testet stikking av bærendekonstruksjoner fra modell. Kunne vært en person istedenfor 2, en person kunne fint gjort det alene. Kunne spart på det. Men etter som det var studenter valgte vi å ansette to, etter som dem da kunne styre arbeidstid selv, og jobbe på kveldstid. God dialog, ca. arbeidsuke pr etasje,
Debrifing	Avrunding la intervjuobjektet komme med tilføyelser eller annen informasjon som ikke er kommet frem gjennom intervjuspørsmålene.	Noe annet å tilføye? Mail ved eventuelle tvil eller oppfølgingsspørsmål?	Hvis det skal funger optimalt, må det være en person som er ansvarlig for stikkingen. Kunne også vært vanskelig å lære opp fra UE, ettersom dem ofte vil ha forskjellige folk på hvert prosjekt. Kanskje bedre at dem fortsetter å bruke tommestokken som dem er kjent med. Hadde vært fordelaktig å ha en stikker tilgjengelig på prosjektet hele tiden, og kunne gjerne ansett en da. Det brukes jo mye penger på landmåler, og periodevis var jo den eksterne stikkeren her daglig, i forbindelse med byggingen ha råbygget. Så det blir jo gjerne litt dyre når det er innlei arbeidskraft.

4

A-4. Observasjonslogg

Betongbas ved boligprosjektet

- Når noen skal bygges brukes vi først og fremst tegninger, men bruker BIM når jeg skal sette meg inn i det som skal bygges.
- Vi er jo vant til å bruk tegninger, så vi vet jo at det ofte innebærer at vi må regne oss frem gjennom akser for å finne de målene vi trenger og bruke anvisningene i tegningene for å finne spesifikke detaljer i andre dokument.
- Når vi skal måle ut komponenter må vi ha akser i begge retninger (viser på en arbeidstegning), hvor det påpekes at det er nødvendig med en tall akse og en bokstavakse, disse settes ut av landmålere.
- Når vi skal merke aksene setter vi en spiker i forskalingen eller borer ned en splitthylse i betongen, på denne måten blir de bedre bevart enn om vi kun hadde brukt en blyantstrek. Videre brukes krittsnor mellom merkene satt ut av landmåleren, slik at aksen blir en rett strek i forskalingen eller på betonggulvet.
- Vi må ofte bestille landmålere en uke i forveien, skal at vi vet at de kommer når dem skal i tillegg til at vi må ha kommet så langt i byggingen at det et klart for landmåleren, i tillegg er det sjeldent at vi kan få landmåleren ned på plassen før kl 9.00. I tillegg må vi stille med en mann som kan bistå landmåleren på byggeplassen, slik at vi kan få den informasjonen vi trenger.
- Det kan jo for skje menneskelige feil når vi bruker tegningene, vi kan for eksempel lese av feil mål på tegningen eller regne feil når vi skal regne oss frem til målene vi trenger.
- I tillegg kan det jo også skje feil vet utmålingen fra bygningsaksene, vi skal ikke holde målebåndet mye feil før det medfører store avvik.
- Fordel ved å ha utstyret på plassen og kunne bruke det selv, vi har da muligheten til å ta i utstyret i bruk når vi skulle trenge det. Vi trenger ikke vente på de eksterne landmålerne når vi trenger en høyde eller et aksekryss der og da.

Betongformann ved boligprosjekt

- Å få dette utstyret inn i produksjonen hvor formannen kan bruk utstyret selv, vil gi store fordeler både med tanke på tidsreduksjon i tillegg til kvalitetssikringen blir integrert i byggeprosessen.

Gunnar Skeie, utviklingsleder VDC Kruse Smith

- Vi kan bruke en totalstasjon for å føre informasjon fra BIM til byggeplassen og informasjon fra byggeplassen til BIM. Så ved å ta i bruk totalstasjonen kan vi skape og lukke en BIM feedbackloop. Denne informasjonen kan vi benytte til å berike bygningsmodellene med informasjon fra den virkelige verden.

A-5. Spørreundersøkelse

Spørreskjema benyttet ved spørreundersøkelser ved undersøkelsesprosjektene

Spørreskjema effekter med stikking vs. tradisjonelle metoder for plassering av bygningskomponenter

1.

Ranger hvilken effekter som oppleves med stikking av fra modell Versus tradisjonelle metoder for utmåling av bygningskomponenter med en tallverdi fra 1 til 5. Hvor 1 for eksempelvis betyr at kvaliteten har blitt mye dårligere enn tidligere, 2 betyr at den er litt dårligere enn før, 3 betyr er kvaliteten er omtrent den sammen som tidligere, mens 4 og 5 betyr at kvaliteten henholdsvis er blitt litt eller mye bedre enn tidligere.

Kryss av i tabellen under på den å for den påstanden du føler passer best med tanke på HMS, tid, kvalitet og pris.

	1 Mye dårligere enn før	2 Litt dårligere enn før	3 Omtrent samme som tidligere	4 Litt bedre enn tidligere	5 Mye bedre enn tidligere
HMS					
Tid					
Kvalitet					
Pris					

2.

Basert på svarene avgitt i forrige spørsmål, Estimer en økonomisk gevinst eller ekstra kostnad ved bruk av totalstasjonen sammenlignet med tradisjonelle metoder (bygningsakser og målebånd) for utmåling av bygnings komponenter
Gevinstene eller de ekstra kostnadene ved bruk av totalstasjonen tilknyttes aspektene HMS, tid, Kvalitet og pris?

Fyll ut den estimerte gevinsten eller ekstra kostnaden.
Har det ikke vært endring skriv 0 i ett av feltene.

	Ekstra kostnad	Gevinst
HMS		
Tid		
Kvalitet		
Pris		

A-6. Resultat spørreundersøkelse ved boligprosjekt

Resultat spørreskjema ved boligprosjekt

1. Vurdering av effekter fra totalstasjon med tallskala

	Respondent 1	Respondent 2	Gjennomsnitt
HMS	3	3	3
tid	4	4	4
kvalitet	5	5	5
pris	5	4	4,5

2. Estimering av gevinster eller ekstra kostnader

	Respondent 1	Respondent 2	Gjennomsnitt
HMS	0	0	0
tid	15000	35000	25000
kvalitet	200000	180000	190000
pris	50000	50000	50000

A-7. Resultat spørreundersøkelse ved skoleutbygningsprosjekt

Vurdering og estimering av effekter ved skoleutbygningsprosjekt
1. Vurdering av effekter fra totalstasjon med tallskala

	Respondent 1
HMS	0
tid	5
kvalitet	5
pris	5

2. Estimering av gevinster eller ekstra kostnader

	Respondent 1
HMS	0
tid	50000
kvalitet	25000
pris	207500

Utregningen av estimetene kan inneholde sensitiv informasjon, utregningen ute utelates derfor fra rapporten

A-8. Andre data fra skoleutbygningsprosjekt

Data fra stikkers timeliste, totalstasjon og modell

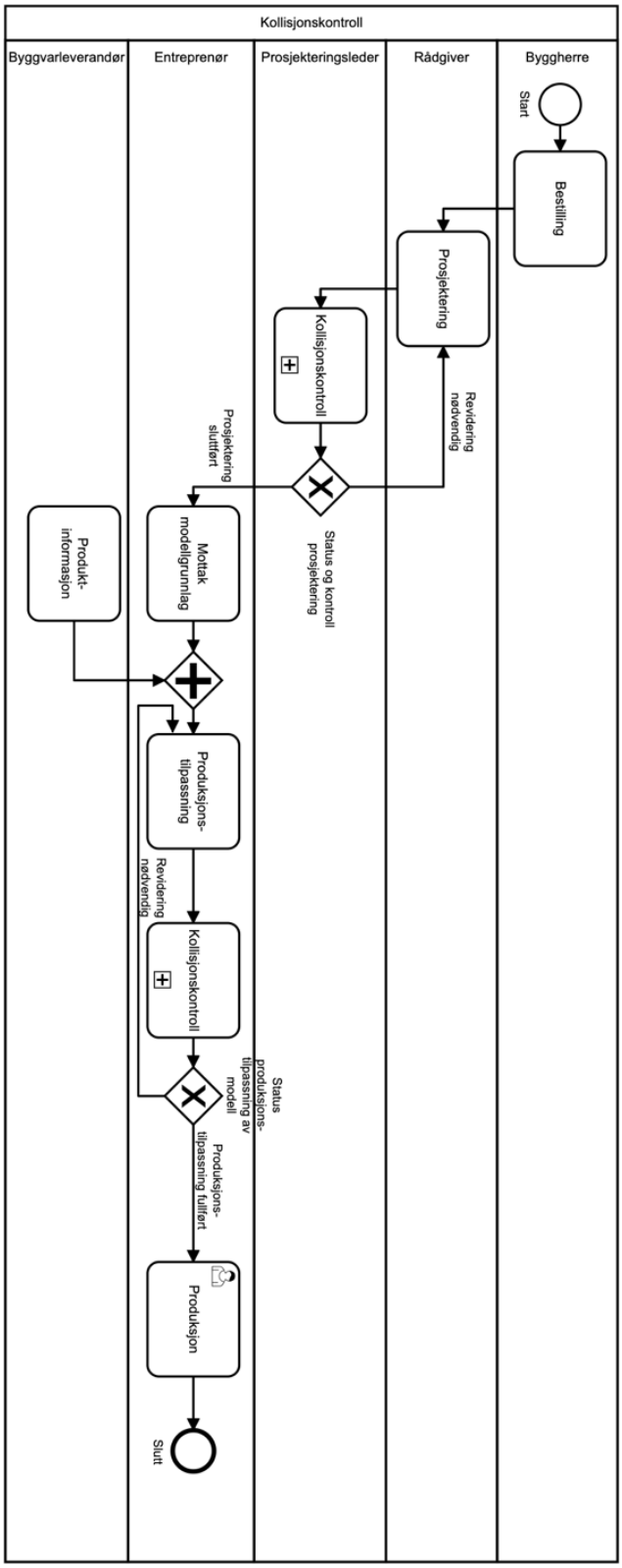
Etasje	Dato	Timer	RIR	RIV	RIE	Sum	Punkt pr. time	Time pr. punkt	Min. pr. punkt
1	20190118	9,00	299	145		444	49,3	0,020	1,22
1	20190119	6,00	371	62	16	449	74,8	0,013	0,80
1	20190121	5,00	194	94		288	57,6	0,017	1,04
1	20190122	4,50		238		238	52,9	0,019	1,13
1	20190123	5,00	341			341	68,2	0,015	0,88
1	20190124	5,00	389			389	77,8	0,013	0,77
Total for etasje		34,50				2149	62,3	0,016	0,96
2	20190125	9,00							
2	20190126	4,50							
2	20190130	4,50							
2	20190131	5,00							
2	20190201	5,00							
2	20190202	8,00							
2	20190203	4,00							
Total for etasje		40,00				2794	69,9	0,014	0,86
3	20190205	8,00	319	149	113	581	72,6	0,014	0,83
3	20190206	8,00							
3	20190207	6,00							
3	20190208	7,00							
3	20190209	6,00	260	118	54	432	72,0	0,014	0,83
3	20190210	5,50							
Total for etasje		40,50				2815	69,5	0,014	0,86
4	20190213	5,00							
4	20190217	5,50							
4	20190218	4,50							
4	20190219	7,00							
4	20190220	5,50							
4	20190222	8,00							
4	20190223	5,00							
Total for etasje		40,50				2770	68,4	0,015	0,88
5	20190225	10,00	399	134	99	632	63,2	0,016	0,95
5	20190226	9,00							
5	20190227	8,00							
5	20190228	5,00	181	78	34	293	58,6	0,017	1,02
5	20190307	7,00							
5	20190308	6,00							
Total for etasje		45,00				2750	61,1	0,016	0,98
Totalt		200,50				13278	65,2	0,015	0,91

Oppheng i modell vs faktisk utmerket

	Oppheng i modell				Oppheng merket på byggeplass				Differanse				
Etasje	RIV	RIR	RIE	Total	RIV	RIR	RIE	Total	RIV	RIR	RIE	Total	% merket
1	633	1855	256	2744	547	1610	217	2374	86	245	39	370	0,86516
2	689	1882	452	3023	634	1755	405	2794	55	127	47	229	0,924247
3	701	1796	518	3015	674	1675	466	2815	27	121	52	200	0,933665
4	699	1867	500	3066	673	1653	444	2770	26	214	56	296	0,903457
5	696	1784	460	2940	636	1669	445	2750	60	115	15	190	0,935374
SUM				14788				13503				1285	0,913105

A-9. BPMN diagram kollisjonskontroll

BPMN for kollisjonskontrroll av bygningsmodelle adoptert fra (BuildingSMART Norge, 2016)

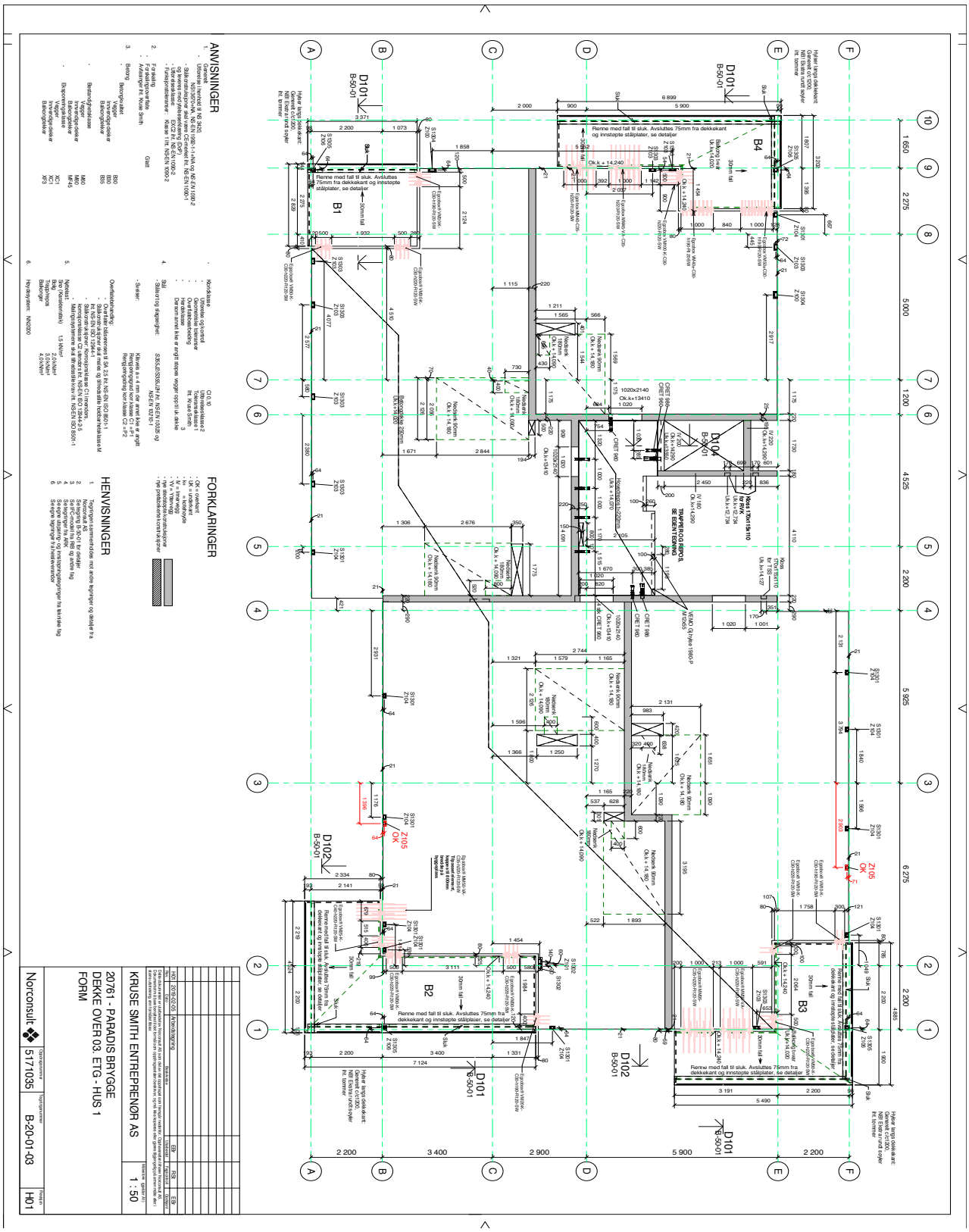


Bilag

I tillegg til bilagene vedlagt her, har det også vært benyttet annet prosjekt relatert dokumentasjon som bygningsmodeller fra undersøkelsesprosjektene, hentet fra interne dokumenter fra Kruse Smith (u.d.).

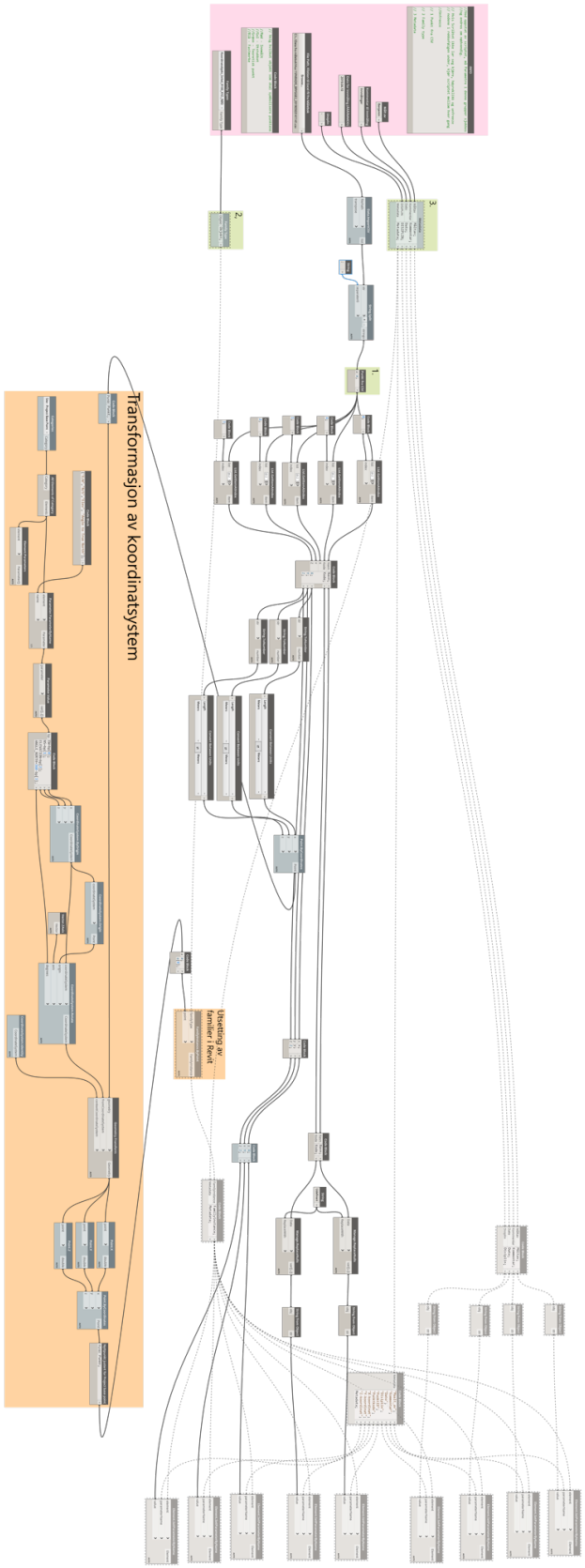
B-1. Tegning B-20-01-03 DEKKE OVER 03. ETG - HUS 1

Arbeidstegning ved boligprosjekt, fra prosjekt dokumentasjon (Kruse Smith, u.d.)



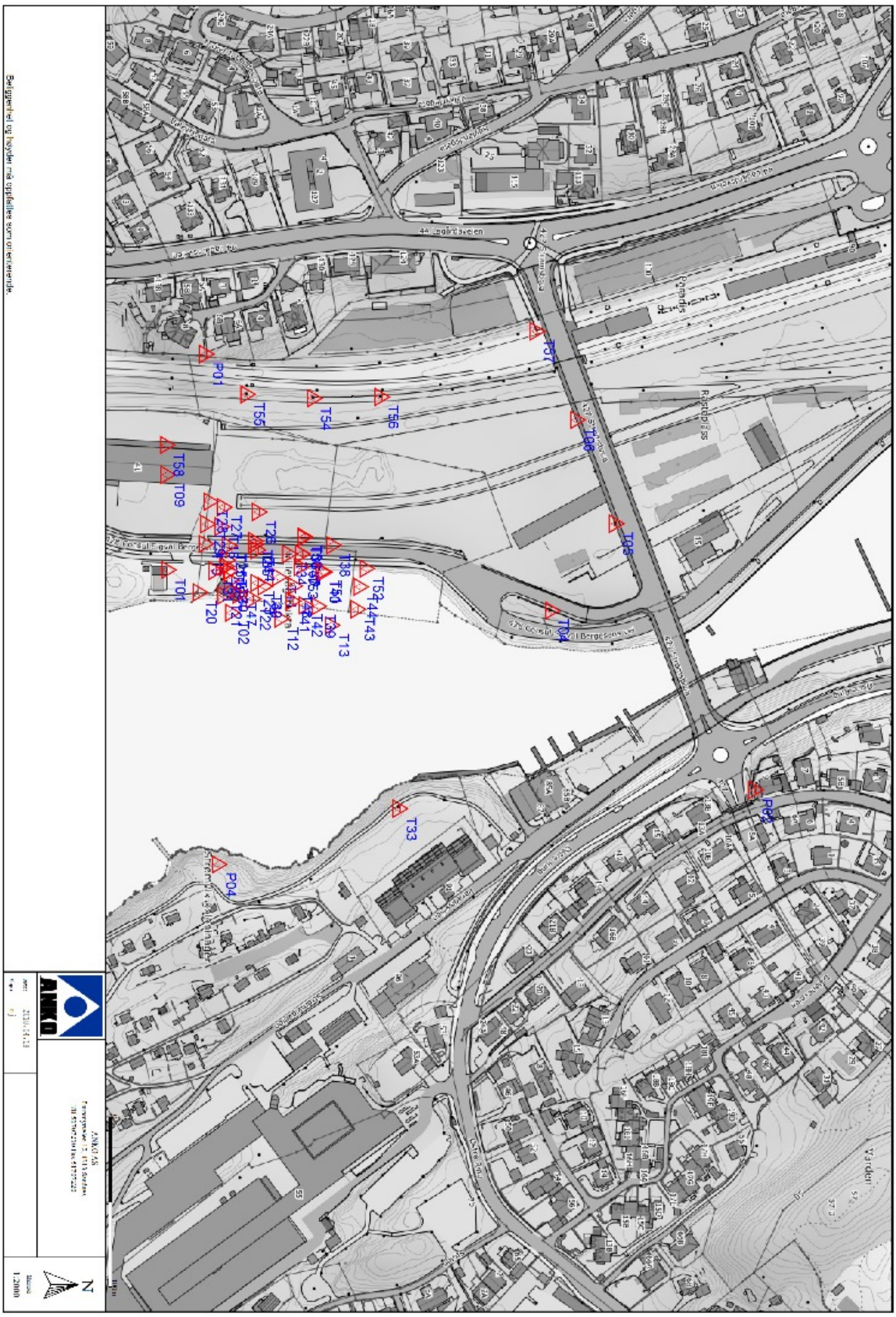
B-2. Dynamoscript for prosessering av data

Dynamoscript for prosessering av data fra totalstasjon (Flataker, 2019)



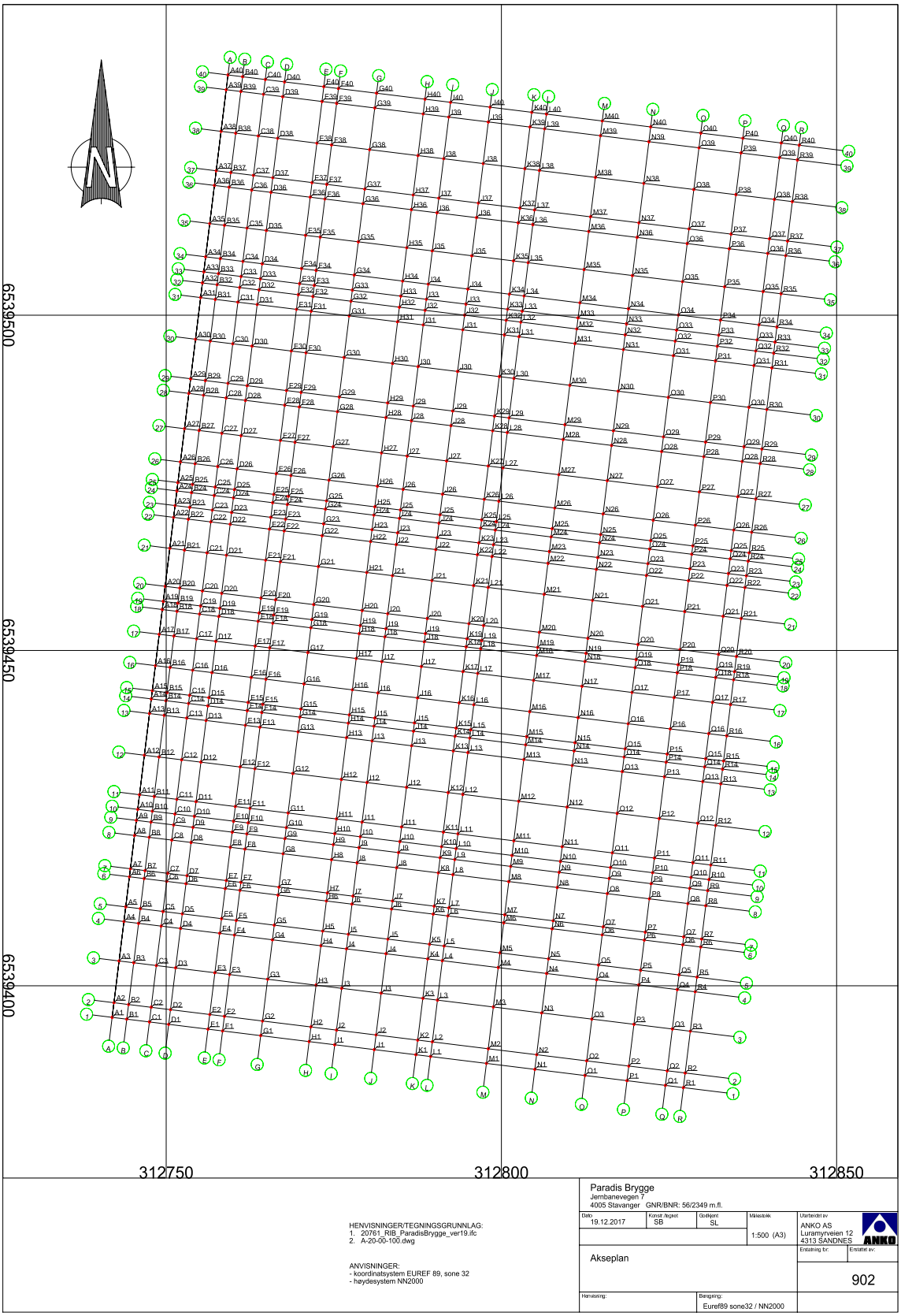
B-3. Fastmerkenett boligprosjekt

Oversiktstegning for fastmerker ved boligprosjekt, fra prosjekt materialer (Kruse Smith, u.d.)



B-4. Bygningsakser boligprosjekt

Aksenett ved boligprosjekt, fra prosjekt dokumentasjon (Kruse Smith, u.d.)



B-5. Digitale samhandlingskrav SUS2023

Digitale samhandlingskrav SUS2020 (Helse Stavanger, 2018)

HELSE STAVANGER
Stavanger universitetssjukehus

SUS 2023

Helse Stavanger HF

SUS2023

C.1.3 Digital samhandling

03	10.09.2018	FOR ANBUD	CVE	TØV	KGJ
01	16.11.2017	FØRSTE REVISJON	CVE	TØV	KGJ
Rev.	Dato	Tekst	Saksb.	Kontr.	Godkj.

Oppdrag/Prosjekt: **SUS2023**		Oppdragsgiver: **Helse Stavanger HF**	
Kontrakt.: **K0000 – Generelt dokument**		Ansvarlig utgiver: **Therese Øvernes**	
Dokument nr.:	**SUS2023-K0000-TR-0014**	Revisjon:	**03**
Dokument Tittel:	**C.1.3 Digital samhandling**	Dato:	**10.09.2018**

Innholdsfortegnelse

1. Digital samhandling 3
2. BIM-prosjekt 3
3. Modelleringsprinsipper 3
4. Bruk av 3D modeller 4
5. Samhandlingsformater - IFC & BCF 4
6. Roller i prosjektet 4
7. Revisjonshåndtering for modell 4
8. IT-løsninger i SUS2023 5
8.1 Modellhåndtering 5
8.2 Planlegging 5
8.3 Prosjektverktøy 5
9. Øvrige krav til Entreprenør 6

1. Digital samhandling

SUS2023 har høye ambisjoner for å realisere potensielt vesentlige gevinster innenfor tid, kost, kvalitet (byggbarhet, brukbarhet og driftbarhet) og samhandling gjennom bruk av digitale verktøy. Prosjektet skal jobbe og legge til rette for effektiv digital samhandling i sanntid både i prosjekterings- og byggefasen uavhengig av om lokasjonen er byggeplass eller kontor, eller om personell er knyttet opp via pc, nettbrett eller mobiltelefon.

Dette dokumentet beskriver hvordan prosjektet skal jobbe med digital samhandling og hvilke krav det stiller til Entreprenør og andre aktører i prosjektet.

Digital samhandling handler om effektiv informasjonsflyt og effektive beslutningsprosesser. Entreprenør skal bidra aktivt for at gode beslutningsprosesser skal skapes og effektiv informasjonsflyt skal sikres. Informasjon er en viktig ressurs i samhandling og gjennomføringen av prosjektet, og den må administreres på en effektiv og smart måte. I dette ligger det at en gitt type data skal eies- og vedlikeholdes kun ett sted og derfra kunne distribueres til relevante arbeidsprosesser og tilhørende programvare. Dette gjelder både dokumenter, tegninger, modellfiler, objekter i modell og tilhørende egenskaper (prosjektinformasjonsmodell). Dette for å sikre at ikke den samme informasjonen vedlikeholdes i parallell flere steder og dermed skaper både merarbeid og etter hvert avvik, misforståelser og byggefeil.

2. BIM-prosjekt

Prosjektet er et BIM-prosjekt med aktiv bruk av 3D-modeller med egenskapsinformasjon.

Prosjektet skal gjennomføres som et 3D-modell (BIM) prosjekt, og med dette menes at man ønsker å bygge gode modeller som gir bedre forståelse for løsninger og bedre samhandling i prosjektet. Den tradisjonelle produksjonen av arbeidstegninger skal vurderes strengt med hensyn på kost/nytte og det som produseres av tegninger skal i størst mulig grad automatisk høstes fra modell. Dette innebærer at prosjekterende, både i PG og hos Entreprenør (og UE-er), må bygge modeller som muliggjør en slik automatisert tegningshøsting gjennom oppsett av sine BIM-verktøy. Denne automatiseringen skal bidra sterkt til å redusere tidsbruk til navngivning, målsetting og publisering av tegninger og derved redusere kostnadene ved produksjonen av papir-/fysiske tegninger radikalt. Byggherre har som ambisjon å redusere ressursbruken av tegningsproduksjon til fordel for å bruke mer ressurser på bedre modeller og også å motivere til økt bruk av modell på bekostning av tegninger. I tillegg ønsker Byggherre at bruk av modeller i byggefase skal redusere feil samt øke effektivitet og kvalitet på utført arbeid.

I utgangspunktet skal det derfor ikke produseres tradisjonelle papir-tegninger, med mindre kostnaden ved bruk av modellen, herunder også montasjekostnad/tidsforbruk, er høyere enn ved tradisjonelle arbeidstegninger. I hovedsak anbefales det da bruk av digitale tegninger.

3. Modelleringsprinsipper

Entreprenør vil få tilgang til en koordinert tverrfaglig modell bestående av IFC-fagmodeller i web-basert løsning og Solibri (SMC). Den tverrfaglige modellen vil bli fortløpende oppdatert av rådgiver under prosjekteringen. IFC-fagmodeller vil bli oppdatert fortløpende i takt med prosjekteringen. PDF-tegninger i anbudsfase tagges ikke, da relevant informasjon kan hentes fra modell. Behov for evt. målsetting på 2D avtales med Entreprenør i samhandlingsfasen.

4. Bruk av 3D modeller

3D-modellen skal være et aktivt, tilgjengelig verktøy i alle faser av prosjektet og skal blant annet benyttes til følgende:

- Visualisering for samhandling og felles forståelse av bygget
- Kontroll av byggbarhet
- Kollisjonskontroll av egen modell og i tverrfaglig sammenstilling
- Brukes på nettbrett /BIM-kiosker i byggefase
- Erstatte arbeidstegninger i prosjekterings- og byggefase

På byggeplassen skal det benyttes håndholdte enheter og samt BIM-kiosker. Verktøyene skal utstyres med digitale støtteverktøy som understøtter produksjonsprosessene og kommunikasjon samt kan effektivisere byggeprosessen. Støtteverktøy vil kunne være modell-viewer, sakshåndteringssytem og HMS-verktøy.

Bruk og omfang av BIM-kiosker vil bli vurdert i samhandlingsfasen. Alle entreprenører må gjennom opplæring i programvarene Solibri Model Viewer og andre programvarer som vil bli benyttet på pc-er, nettbrett og BIM-kiosker på byggeplass.

5. Samhandlingsformater - IFC & BCF

Samhandlingsformater i prosjektet er buildingSMART standardene IFC for modeller og BCF for bokmerkelister, avvik eller kommunikasjon i modellen.

6. Roller i prosjektet

Prosjektet vil ha en egen prosjektleder for digital samhandling. Hver entreprenør skal i tillegg ha en ansvarlig for informasjonsforvaltning og digital samhandling, heretter kalt ansvarlig for digital samhandling. Det etableres egen møteserie for digital samhandling der alle temaer innunder dette inngår. Entreprenør vil ha et stort ansvar i kvalitetssikring av informasjon, modell og tegninger, og rapportere avvik, samt forberede seg til og delta på modell-gjennomgang for hvert kontrollområde.

Ved endringer vil revisjon av IFC-fagmodeller være prioritert foran revisjon av PDF-baserte tegninger. Entreprenør må derfor basere seg på størst mulig bruk av IFC-fagmodeller som grunnlag for egen produksjon og planlegging.

7. Revisjonshåndtering for modell

Modellen skal gjennom samarbeid mellom prosjekterende, entreprenører og leverandører oppdateres gjennom hele byggefasen slik at modellen gjenspeiler det som faktisk blir bygget. De prosjekterende fører liste over gjeldende tegninger med dato og indeks for siste endring. Modell/2D-tegninger som endres etter anbud, skal følges av en endringsliste for de entreprisene der dette har priskonsekvens. Prosjekteringsgruppen vil synliggjøre endringer enten de har kostnadsmessige konsekvenser eller ikke. Hvordan dette utføres avgjøres i samhandlingsfasen, ref. C.1.4 krav til systematisk ferdigstillelse og kvalitet pkt. 2. Det skjer mye utvikling på dette feltet og det er ønskelig at endringer synliggjøres direkte i modellen. Dersom dette ikke lar seg gjøre utarbeides lister over endringer og revisjonsskyer benyttes.

Varsler om endringer skal uansett meldes inn i det digitale prosjektstyringssystemet valgt av prosjektet.

8. IT-løsninger i SUS2023

I SUS2023-prosjektet vil det bli benyttet flere IT-systemer for digital samhandling. I og med at programvare endrer seg raskt, er listen ikke uttømmende og kan også bli oppdatert eller endret.

8.1 Modellhåndtering

Det vil bli benyttet Solibri Model Viewer / Checker i alle faser av prosjektet. I tillegg vil det bli benyttet en modell-viewer for bruk på mobil/nettbrett for 3D-viewing av modeller eller delmodeller og tegninger. Utvikling innen dette området går raskt og endelig løsning vil bli valgt før oppstart

8.2 Planlegging

Byggherre vil benytte Safran Project som planleggingsverktøy. I tillegg vil Syncro bli benyttet for 4D-simulering. Ved å legge oppgaver i fremdriftsplanen til de ulike objektene i modellen, kan en visualisere hvordan prosjektet gradvis utvikler seg over tid. Ved å legge inn ressurser, utstyr og materialer, kan logistikk på byggeplass og fremdrift drøftes og visualiseres slik at en kan utnytte ressursene mer optimalt.

8.3 Prosjektverktøy

Dokumenter, avvik, tekniske avklaringer, RUH og ferdigstillelse håndteres i PIMS.

Det er medtatt prisbærende poster for digital samhandling og BIM i fellesytelsene i alle kontrakter.

9. Øvrige krav til Entreprenør

Nr.	Krav	Alle ENT
1	Entreprenør skal ha en egen person som er ansvarlig for digital samhandling, og som har hovedansvar for å følge opp og koordinere forholdene og kravene beskrevet i dette dokumentet. Vedkommende skal delta på ukentlige møter sammen med øvrige ansvarlige for digital samhandling og byggeleder digital samhandling.	x
2	Byggherre vil ivareta programvare som skal benyttes av alle entreprenører på BIM-kiosk, nettbrett, mobil og PC i kontorrigg. Utover dette må hver entreprenør selv anskaffe bærbare enheter som PC, mobil og/eller nettbrett med egnet mobilabonnement. Entreprenør skal besørge nettbrett til prosjektledere, anleggsledere, baser, Vogneiere, håndverkere med koordineringsfunksjon og evt. andre som trenger tilgang til modell og 2D-detaljtegninger for å utføre arbeidet sitt. All rapportering skal gjøres via håndholdte enheter. Entreprenør skal implementere, sette opp og administrere programvaren. Entreprenør skal gjennomføre opplæring til alle medvirkende i prosjektet fortløpende. I arealer med dårlig dekning via WI-FI må simkort med 3G/4G benyttes.	x
3	Opplæring før byggestart slik at alle prosjektledere, anleggsledere, baser, vogneiere og håndverkere må kunne forholde seg til både 2D tegninger og 3D modell gjennom bruk av digitale verktøy og bruk av håndholdte enheter ute på byggeplassen.	x
4	Entreprenør står for opplæring på BIM-kiosk og nettbrett i Solibri Viewer og BIM Field løsning samt evt. andre programløsninger for digital samhandling, for pc, håndholdte enheter og evt. BIM kiosk.	x
5	Alle i Entreprenør sin administrasjon og arbeidere skal i tillegg til en PSI-gjennomgang (kurs som skal gjennomføres før får adgang til byggeplassen) ha en introduksjon til arbeidsmetodikk på prosjektet før oppstart byggeplass. Her vil tema som f.eks. LEAN, digital samhandling og systematisk ferdigstillelse være tema. Det må beregnes at gjennomgangen tar ca. 2 timer.	x
6	Minst to personer i Entreprenør sin organisasjon skal ha tilstrekkelig opplæring i Solibri Model Checker og benytte programmet og lage BCF, regelsjekker, manøvrering, uttrekk i møter og rapportering.	x
7	Entreprenør skal ha minst en lisens av Solibri Model Checker.	x
8	Entreprenør har selv ansvar for opplæring i prosjektets FDV-innsamlingsverktøy, slik at alle nivåer i organisasjonen kan legge inn og hente ut nødvendig dokumentasjon før oppstart byggeplass, og gjennom hele byggefasen. Entreprenør sin ansvarlig for digital samhandling skal jobbe tett sammen med Entreprenør sin ansvarlig for FDV for å få nødvendig FDV-dokumentasjon som f.eks. monteringsanvisninger, koblingsskjema og produktinformasjon inn tidlig nok. Denne informasjonen vil blir tilgjengelig på håndholdte enheter og kan hentes frem/vises ved arbeid i ett kontrollområde.	x
9	Minst to personer hos Entreprenør skal kunne benytte programvaren Safran Project til detaljert fremdriftsplanlegging. Byggherre vil bidra med opplæring i programmet.	x
10	Entreprenørens ansvarlige for digital samhandling skal koordinere, sammenstille og gjennomgå modeller i samarbeid med prosjekteringsgruppen og byggelederne for å tilpasse de ulike kontrollområdene. Visninger av modell og kontrollområder skal tilpasses bruk på byggeplass innenfor den disiplinen som skal benytte modellen.	x
11	Entreprenør må gjennomgå arbeidsgrunnlaget i god tid før det skal benyttes for å	x

	identifisere eventuelt avvik i 3D-modeller og 2D PDF-baserte tegninger/annen informasjon. Ved identifikasjon av avvik skal Entreprenør varsle Byggherre uten ugrunnet opphold. Feil i 3D-modeller rapporteres bl.a. ved hjelp av BCF.	
12	Entreprenørens ansvarlige for digital samhandling skal gjennomgå alle Solibri kollisjonsreglene til prosjektet for å sikre at prosjekteringsgruppen og entreprenør har lik oppfattelse av koordinering, toleranser og kollisjoner. Dersom entreprenør ønsker nye regler skal entreprenørens regler sammenstilles inn i felles Solibri innsynsmodell.	x
13	Modell rangeres foran tegning. Alle tegninger skal være tilgjengelig på håndholdte enheter i bl.a. pdf-format. Entreprenør har selv ansvar for å ta nødvendige utsnitt og bestille 2D-tegninger på papir etter behov og på egen regning.	x
14	Tegningsendring/rødstrektegninger skal rapporteres digitalt ved hjelp av web-basert grensesnitt for byggeplassoppfølging. Dette gjelder også all avviksbehandling som f.eks. levering av RUH, tekniske avklaringer, prosjekteringsavvik, byggeplassavklaringer, oppfølging i testperiode ol.	x
15	Entreprenør skal benytte prosjektets IT-løsninger for deling av f.eks. prosjektinformasjon, arbeidsunderlag, dokumenter, referater, dokumentasjons m.m.	x
16	Entreprenør skal følge prosjektets styringsdokumenter for prosjektering (*C.4.1 BIM-manual og C.4.2 Teknisk merkesystem*). Disse setter krav til modellbasert prosjektering. Leverandør skal definere utviklingsnivå (abstraksjon/detaljering) av objekter i 3D-modellene.	x
17	Prosjektering utført av Entreprenør og leverandørprosjektering skal leveres iht. prosjektets styringsdokumenter, og modellene skal tverrfaglig koordineres med prosjekteringsgruppen. Koordineringen skal foregå i Solibri Model Checker. Entreprenør skal levere oppdatert modell hver uke, eller oftere, dersom det kreves i forhold til å opprettholde tilstrekkelig fremdrift. Entreprenør skal koordinere sine egne modeller mot sammenstillingsmodellen.	x
18	Entreprenør er selv ansvarlig for utarbeidelse av øvrige utsettingsdata basert på utlevert materiale (IFC-fagmodeller), samt se sammenhengen mellom de ulike informasjonsbærerne (3D, 2D, mv.) som tilsammen utgjør det totale utsettings- og produksjonsunderlaget.	x
19	Det planlegges med stasjonære BIM-kiosker på byggeplass..	x
20	For å dokumentere at bygget er satt opp korrekt skal scanning (enten fotogrametrisk eller laserscanning) av bygget sammenstilles med 3D-modell. Det antas behov for • Laserscanning av nedgravde kulverter/kabelføring/infrastruktur • Foto av igjenkledde elementer • Fotogrametrisk luftscanning av utvendig område • Fotogrametrisk scanning, evt laserscanning av alle innvendige rom.	info