

Hvordan nettbrett kan forbedre kommunikasjon i byggeprosjekter

Erle Bjoland Harstad

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2015

Hovedveileder: Ola Lædre, BAT

Medveileder: Fredrik Svalestuen, Veidekke

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Hvordan nettbrett kan forbedre kommunikasjon i byggeprosjekter	Dato: 09.06.2015		
	Antall sider (inkl. bilag): 64		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Erle Harstad			
Faglærer/veileder: Ola Lædre			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Fredrik Svalestuen			

Ekstrakt:

Byggeindustrien er avhengig av effektiv kommunikasjon mellom individer, grupper og organisasjoner. Mangel på tilstrekkelig kommunikasjonsverktøy anses å være en faktor for informasjonstap mellom prosjektering og produksjon. Den mest effektive måten for de utførende å håndtere informasjon på, er å få informasjonen der de er, når de trenger det. Dette har vært vanskelig å oppnå, ettersom metoder for informasjonshåndtering normalt har bestått av papirbaserte dokumenter. Utviklingen av mobil informasjons- og kommunikasjonsteknologi gir nå større muligheter til mobilitet og tilgang til informasjon på byggeplasser.

Studien tar sikte på å utforske hva slags effekt nettbrett kan ha på kommunikasjon i byggeprosjekter. Det er gjennomført et litteraturstudie, en dokumentanalyse og intervjuer med sentrale interessenter i byggebransjen. To entreprenørfirmaer, et prosjekteringsfirma og en applikasjonsutvikler ble kontaktet og intervjuet.

Resultatet av studien viser at nettbrett kan bidra til å redusere sløsing i prosjektet, som unødvendige turer til og fra kontoret, og fjerner risikoen for å bygge etter feil grunnlag. Nettbrett medfører også innledende kostnader i form av opplæring og utstyr, det er i stor grad avhengig av internettilgang, og bygningsinformasjonsmodellene (BIM) er ikke utviklet for å brukes på byggeplassen. Artikkelen presenterer tiltak som kan forsterke styrkene og redusere utfordringene knyttet til nettbrett. Viktige tiltak er å innføre pilotprosjekter, å sette opp trådløst nettverk på byggeplassen, og å ta byggbarheten til BIMen i betraktning på et tidlig stadium. Denne studien kan bidra til at interessenter i byggeindustrien og akademikere forstår styrkene og utfordringene ved å benytte nettbrett som et kommunikasjonsverktøy på byggeplassen.

Stikkord:

1. Kommunikasjon
2. Nettbrett
3. Informasjonsflyt
4. BIM

Erle Harstad

(sign.)

FORORD

Denne masteroppgaven er utarbeidet våren 2015 ved Institutt for bygg, anlegg og transport på Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet (NTNU). Masteroppgaven tilsvarer 30 studiepoeng og er den avsluttende oppgaven i hovedprofil prosjektledelse på studieretning bygg- og miljøteknikk. Oppgaven har som formål å undersøke hvordan bruk av nettbrett kan påvirke kommunikasjon mellom prosjekterende og utførende på byggeplassen. Problemstillingen er relevant, da bruk av nettbrett er på fremmarsj i norsk byggebransje. Oppgaven har skapt økt forståelse for hvilket potensial som ligger i bruk av nettbrett, og samtidig hvilke utfordringer som finnes. Det har vært et spennende tema å studere, og tilbakemeldinger viser at det er et felt som kommer til å utvikles mye i årene som kommer.

Oppgaven består av (1) en prosessrapport, (2) en vitenskapelig artikkel og (3) vedlegg. Prosessrapporten har som formål å utjevne forskjellen mellom denne formen og en tradisjonell masteroppgave. Rapporten sitt oppsett er basert på «Retningslinjer for prosessrapport» i Råd og retningslinjer for rapportskrivning ved Institutt for bygg, anlegg og transport (BAT). Dette er ikke et selvstendig dokument, og må ses i sammenheng med artikkelen. Den vitenskapelige artikkelen er en kompakt fremstilling av metode, resultater, diskusjon og konklusjon. Til sammen er dette ekvivalent med en tradisjonell masteroppgave når det kommer til kvalitet og detaljgrad. Det er brukt samme layout i artikkelen og prosessrapporten. Artikkelens layout er regulert av International Group for Lean Construction (IGLC).

Dette er en forholdsvis ny måte å gjennomføre masteroppgaven ved BAT-instituttet, og det har dermed vært få retningslinjer når det gjelder utforming og struktur av oppgaven. Samtidig krever en vitenskapelig artikkel en meget konkret og kortfattet fremstilling av funn og resultater, som har vært utfordrende. Gjennomføringsformen har derimot ført til et tett samarbeid med fagpersoner på NTNU og industrien, og det har vært en spennende prosess med tanke på at resultatet skal publiseres og presenteres på en konferanse.

En stor takk rettes til alle intervjupersonene fra Veidekke, Hæhre, Rendra O og Cowi. Bedriftene har stilt nøkkelpersoner tilgjengelig for at undersøkelsene kunne bli utført. En stor takk rettes også til Ola Lædre, Fredrik Svalestuen, Nawras Skhmot for godt samarbeid, verdifulle innspill og god hjelp til skriving av oppgaven.

Erle Harstad

Erle Harstad, Trondheim 09.06.15

SAMMENDRAG

Kommunikasjon er prosjektarbeidets smøresystem. Det krever tid og ressurser for at et slikt smøresystem skal fungere, da byggeprosjekter er dynamiske og har mange og kompliserte kommunikasjonsveier. Byggeindustrien er avhengig av effektiv kommunikasjon mellom individer, grupper og organisasjoner. Mangel på tilstrekkelig kommunikasjonsverktøy anses å være en viktig faktor for informasjonstap mellom prosjektering og produksjon. Den mest effektive måten for de utførende å håndtere informasjon på, er å få informasjonen der de er, når de trenger det. Dette har vært vanskelig å oppnå, ettersom metoder for informasjonshåndtering normalt har bestått av papirbaserte dokumenter. Utviklingen av mobil informasjons- og kommunikasjonsteknologi, gir større muligheter til mobilitet og tilgang til informasjon på byggeplasser.

Studien tar sikte på å utforske hva slags effekt nettbrett kan ha på kommunikasjon i byggeprosjekter. Det er gjennomført et litteraturstudie, en dokumentanalyse og intervjuer med sentrale interessenter i byggebransjen. Metodene er gjennomført for å først få en oversikt over litteratur rundt temaet, for så å gå i dybden ved hjelp av interne dokumenter fra Veidekke Entreprenør AS og semi-strukturerte intervjuer. To entreprenørfirmaer, et prosjekteringsfirma og en applikasjonsutvikler ble kontaktet og intervjuet.

Resultatet av studien viser at nettbrett kan forbedre kommunikasjonen mellom prosjekterende og utførende. Nettbrett kan berike en ansikt-til-ansikt samtale og skape en felles forståelse gjennom bruk av 3D modellen ute i felt, samtidig som det øker muligheten til å kommunisere med videosamtaler mellom felt og kontor. Nettbrett kan bidra til å redusere sløsing i prosjektet, som unødvendige turer til og fra kontoret, og fjerner risikoen for å bygge etter feil grunnlag. Men nettbrett medfører også innledende kostnader i form av opplæring og utstyr, og det er en utfordring å kunne forsvare forholdet mellom kostnad og nytte i etableringsfasen. Nettbrett er i stor grad avhengig av internett-tilkobling i form av trådløst nettverk eller 3G/4G, og bygningsinformasjonsmodellene er ikke utviklet for å brukes på byggeplassen. Artikkelen presenterer tiltak som kan forsterke styrkene og redusere utfordringene knyttet til nettbrett. Viktige tiltak er å innføre pilotprosjekter, å sette opp trådløst nettverk på byggeplassen, og å ta byggbarheten til BIMen i betraktning på et tidlig stadium i prosjekteringsfasen. Denne studien kan bidra til at interessenter i byggeindustrien og akademikere forstår styrker og utfordringer ved å benytte nettbrett som et kommunikasjonsverktøy på byggeplassen.

Undersøkelsene som er utført har dannet grunnlaget for en vitenskapelig artikkel til konferansen International Group for Lean Construction 23 (IGLC 23). Masteroppgaven består av (1) en prosessrapport som beskriver arbeidet, (2) den vitenskapelige artikkelen, og (3) vedlegg. Prosessrapporten redegjør for temabakgrunn, problemstilling og målsetninger, samt gir utfyllende refleksjon rundt forskningsmetode. Utdyping av teori, diskusjon, konklusjon og videre arbeid er også inkludert i prosessrapporten. I tillegg til artikkelen var det et krav fra konferansen om å utarbeide en A3-rapport som oppsummerer artikkelen. Denne rapporten finnes i vedlegg 1.

ABSTRACT

The construction industry is entirely reliant upon efficient communication between individuals, teams and organizations. Due to its specific characteristics, the industry forms a complex communication environment. Lack of adequate communication tools is considered one of the most important factors for information losses in traditional construction projects. Information losses often result in errors due to wrong or inadequate documents.

The most efficient way for construction personnel to manage information on sites is to retrieve information at the point where they are and at the time when they need it. This has been difficult to achieve as information management methods normally consists of paper-based documents. However, the rapid development of mobile information and communication technologies are offering new possibilities for portability and access to information at the construction sites.

This study aims at exploring the effect tablets have on communication in construction projects. A literature study, a document study, and an exploratory study with interviews of different stakeholders in the architecture, engineering and construction (AEC) industry were conducted. These methods were applied in order to obtain an overview of previously written literature on the topic and then study the issue deeper using internal documents from Veidekke Entreprenør AS, and interviews.

The result of this study shows that tablets can enrich the communication between design and construction practitioners, and help reduce waste such as unnecessary transportation and rework caused by errors due to old and inadequate drawings. However, tablets also entail initial costs of training and equipment, and it is a challenge to defend the cost/benefit ratio in the initial phase. Tablets are highly dependent on internet accessibility, and the constructability of the building information model is not sufficient enough. The paper presents several initiatives, which can reinforce the strengths and reduce the challenges of using tablets. Important initiatives are to start with small-scale pilot projects, establish wireless network at the construction site, and assess usability and constructability throughout the development of the BIM. This study can help AEC practitioners and academics to understand the strengths/challenges of using tablets as a communication tool at the construction site.

The conducted study have formed the basis for a scientific paper for the conference International Group for Lean Construction 23 (IGLC23). The Master thesis consists of (1) a process report describing the work, (2) a scientific paper, and (3) appendix. The process report outlines background, objectives, and complementary reflection on the research methodology. The theory, discussions and conclusions from the paper are elaborated, and ideas for further work are presented. In addition to the article there was a requirement from the conference to prepare an A3 report which summarizes the paper. The A3 report can be found in appendix 1.

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract.....	III
Figurliste.....	VI
Tabelliste.....	VI
Liste over forkortelser og akronymer	VI
Del 1: Prosessrapport	1
1 Introduksjon	2
1.1 Temabakgrunn	2
1.2 Problemstilling	3
1.3 Mål.....	3
1.4 Omfangsbegrensing	4
2 Gjennomføringsprosess med datainnsamling	5
2.1 Forskningsdesign	5
2.1.1 Forskningstilnærming	5
2.1.2 Forskningsmetode.....	6
2.1.3 Vurdering av metoder	6
2.2 Valg av metode for datainnsamling	7
2.2.1 Litteratursøk.....	7
2.2.2 Intervjuer.....	10
2.2.3 Dokumentanalyse	12
2.3 Evaluering av forskningens kvalitet	13
2.4 Etske hensyn	13
2.5 Valg og beslutningsprosesser underveis	13
2.6 Arbeidsfordeling mellom forfatterne	14
3 Utdypet teori	16
3.1 Kommunikasjonsteori	16
3.2 Kommunikasjon i byggeprosjekter	18
3.3 Kommunikasjon mellom prosjektering og produksjon	20
3.4 BIM.....	21
3.4.1 BIM på nettbrett.....	22
3.5 Informasjonsbehov og mobil databehandling.....	23
3.6 Kritikk av litteraturen	24

4 Utdyping av diskusjon og konklusjon	25
4.1 Styrker.....	25
4.2 Utfordringer	26
4.3 Tiltak.....	26
4.4 Konklusjon.....	27
5 Videre arbeid	28
Referanser	29
Del 2: Vitenskapelig artikkel	31
How tablets can improve communication in construction projects.....	32
Del 3: Vedlegg	ii
Vedlegg 1: A3 rapport	ii
Vedlegg 2: Intervjuguide	iv
Vedlegg 3: Tilbakemeldinger fra IGLC.....	v
Vedlegg 4: Beskrivelse av endringer på 1. utkast av den vitenskapelige artikkelen...	vii
Vedlegg 5: Masterkontrakt.....	ix

FIGURLISTE

Figur 1: Induktiv og deduktiv forskningstilnærming (Sander, 2014).....	6
Figur 2: Kommunikasjonsmodellen. Utarbeidet på bakgrunn av Sander(2013).	17
Figur 3: Den lineære kommunikasjonsmodellen. Utarbeidet på bakgrunn av Shannon og Weaver (1949).	17
Figur 4: Kommunikasjonsprosessens elementer. Utarbeidet på bakgrunn av Kaufmann og Kaufmann (2003).....	18
Figur 5: Ledelsesnivåene i prosjektering og produksjon. Utarbeidet på bakgrunn av Røsdal og Ørstavik (2011) sitt arbeid.	20
Figur 6: Tre hovedelementer i åpenBIM (buildingSMART, 2014)	22
Figur 7: Logo (Autodesk, 2014)	22
Figur 8: Logo (Solibri, 2014).....	23
Figur 9: Logo (Graphisoft, 2014)	23
Figur 10: Logo (Rendra, 2014).....	23
Figure 11: Richness of communication channels (Ambler, 2002)	35

TABELLISTE

Tabell 1: Utdrag av brukte søkekombinasjoner ved søk i BIBSYS ASK	8
Tabell 2: Utdrag av brukte søkekombinasjoner ved søk i databasene Compendex, Inspec og Scopus, og søkemotoren Google Scholar.....	9
Tabell 3: Kategorier og bruksområder for nettbrettapplikasjoner	25
Table 4: Strengths and initiatives to reinforce them (not prioritized)	40
Table 5: Challenges and initiatives to reduce them (not prioritized).....	40

LISTE OVER FORKORTELSER OG AKRONYMER

Del 1: Prosessrapport.

Forkortelse/akronym	Forklaring
IGLC	International Group for Lean Construction
BIM	Bygningsinformasjonsmodell/Building Information Model
IFC	Industry Foundation Classes
bsDD	buildingSMART Dataordbok
ISO	Internasjonal standardiseringsorganisasjon
IKT	Informasjons- og kommunikasjonsteknologi

Del 2: Vitenskapelig artikkel.

Forkortelse/akronym	Forklaring
AEC	Architectural, Engineering and Construction
PDF	Portable document format
DWG	Drawing
ICT	Information and Communication Technology
CAD	Computer Aided Design
RFI	Request for Information

DEL 1:

PROSESSRAPPORT

Prosessrapport fra artikkelen “How tablets can improve communication in construction projects”

Erle Harstad¹

1 INTRODUKSJON

1.1 TEMABAKGRUNN

Høsten 2014 ble det utarbeidet en prosjektoppgave i emnet TBA4531 ved Institutt for bygg, anlegg og transport, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Oppgaven tok for seg forskjellige kommunikasjonsmetoder som blir brukt for å kommunisere mellom fasene prosjektering og produksjon, inkludert nettbrett. Bakgrunnen for tema i prosjektoppgaven var inspirerende samtaler med ekstern veileder Fredrik Svalestuen, og et ønske om å knytte bygningsinformasjonsmodeller til byggeplassen. Under utarbeidelse av prosjektoppgaven viste det seg at det er lite forskning på bruk av nettbrett som kommunikasjonsmetode på byggeplassen.

Byggeindustrien går i dag gjennom store endringer. Nye markedskrav på energi- og miljøsidene, nye forskrifter og normer samt krav til produktivitet, kvalitet, verdikjedesamarbeid og inntjening har ført til introduksjon av nye arbeidsmetoder og prosesser (Norsk teknologi, 2010). Det er stor vekt på effektivisering og optimalisering av flyt i prosessene og i overgangen mellom dem. For å overholde flyt og redusere ventetid, er det vesentlig at arbeiderne har informasjonen de trenger på riktig sted, til riktig tid (Chen and Kamara, 2008). Effektiv kommunikasjon- og informasjonshåndtering har derfor en betydelig rolle i disse optimaliseringsprosessene.

Kommunikasjon i byggeprosjekter er et utfordrende tema. Det store antallet elementer og relasjoner i et byggeprosjekt, graden av heterogenitet mellom prosjekter, og de mange og uoversiktlige avhengighetene som finnes mellom aktører så vel som operasjoner, fører til at byggeprosjekter er komplekse (Røsdal og Ørstavik, 2011). Etter samtaler og intervjuer med funksjonærer i byggebransjen under prosjektoppgaven, kom det frem at de så på nettbrett som et potensielt verktøy for å effektivisere og forenkle kommunikasjon i byggeprosjekter i fremtiden.

Nettbrett er i dag vel etablert på verdensmarkedet, og flere entreprenører i Norge har kastet seg på bølgen. Det er derimot fortsatt noen som kvier seg for å innføre nettbrett i prosjekter. Dette kan til dels være på grunn av for lite studier som viser hvilken effekt nettbrett har på et byggeprosjekt, og at styrkene og utfordringene er lite kjent. Temaet ble derfor ført videre til utarbeidelse av den vitenskapelige artikkelen «Hvordan nettbrett kan forbedre kommunikasjon i byggeprosjekter». Artikkelen er utarbeidet for International Group for Lean Construction (IGLC), og er derfor vinklet mot Lean Construction. Flyt i prosesser og informasjonsflyt samsvarer godt med filosofien i Lean, men bruken av nettbrett og styrker/utfordringer knyttet til dette er ikke begrenset til prosjekter med denne prosjektledelsesteorien.

¹ M.Sc., Institutt for bygg, anlegg og transport, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Trondheim, Norge, +47 95011205, erleharstad@gmail.com

1.2 PROBLEMSTILLING

Problemstillingen besvares basert på et litteraturstudie, en dokumentanalyse og intervjuer med forskjellige roller i byggebransjen. Problemstillingen er delt inn i tre forskningsspørsmål der spørsmålene bygger på hverandre:

1. Hvordan kan prosjekterende og utførende bruke nettbrett til å kommunisere?

For å svare på første forskningsspørsmål er det av betydning å ha kunnskap om hvordan kommunikasjonen foregår på byggeplassen og hva slags informasjon de forskjellige rollene trenger for å kunne gjennomføre oppgavene sine. Det vil bli diskutert hva nettbrett brukes til på byggeplassen i dag, hvilke eventuelle mulige bruksområder som finnes for nettbrett, og hvordan nettbrett kan brukes ute på byggeplassen for å gi samtalene en ekstra dimensjon.

2. Hva er styrkene og utfordringene ved å bruke nettbrett for å kommunisere mellom prosjekterende og utførende?

Svaret på dette spørsmålet vil være en refleksjon over styrker og utfordringer som finnes ved å bruke nettbrett til de forskjellige bruksområdene som avdekkes i første forskningsspørsmål. Det vil diskuteres styrker og utfordringer ved å bruke nettbrett i motsetning til å bruke tradisjonelle metoder som er papirbaserte.

3. Hvilke tiltak kan føre til at nettbrett gir bedre kommunikasjon mellom prosjekterende og utførende?

Dette er hovedbidraget i artikkelen. På bakgrunn av styrker og utfordringer som avdekkes i forskningsspørsmål 2, vil det bli foreslått en rekke tiltak som forsterker styrkene og reduserer utfordringene som er knyttet til bruk av nettbrett på byggeplassen. Det vil bli foreslått konkrete tiltak for en lettere implementering av nettbrett, så vel som tiltak som øker mulighetene og forbedrer bruken av nettbrett.

1.3 MÅL

Motivasjonen med denne oppgaven er å sette fokus på hvordan kunnskap og informasjon som opparbeides i en prosjekteringsprosess best mulig kan overføres til produksjonsprosessen. I dag går mye informasjon tapt i arbeidstegninger og byggebeskrivelser, og stadige endringer i tegningene krever tid og ressurser (Blokpoel, 2003). Dokumentering og rapportering tar opp store deler av hverdagen for lederne på byggeplassen som de gjerne skulle brukt på å følge opp arbeidet på byggeplassen (Lofgren og Rebolj, 2007). Det er et ønske å utforske hva slags effekt bruk av nettbrett har på et prosjekt, og å finne ut om nettbrett er et verktøy som kan forbedre kommunikasjonen og løse problemer knyttet til informasjonsoverføring.

Ved implementering krever nettbrett ressurser i form av opplæring og kostnader ved kjøp av nettbrett og programvare. Det er et nytt felt med mye usikkerheter, og det finnes lite data om hvilken effekt nettbrett har på et byggeprosjekt. I følge Lofgren og Rebolj (2007), er dette grunnen til at det enda finnes skepsis til å påkoste seg nettbrett og endre rutiner som er innarbeidet etter mange tiår. Målet med studien er derfor å presentere styrker og utfordringer med å bruke nettbrett som et kommunikasjonsverktøy mellom prosjekterende og utførende, for å gi et større bilde av hvordan nettbrett kan gi kostnadsreduksjoner på lang sikt.

1.4 OMFANGSBEGRENSNING

For å kunne utføre oppgaven innenfor gitte rammer har det vært nødvendig å gjøre noen avgrensninger. Studien omhandler kommunikasjon mellom prosjekterende og utførende, og den er begrenset til å fokusere på gjennomføringsfasen. En eventuell tidlig kontrahering av utførende vil derfor ikke tas hensyn til i denne studien. Det er intervjuet både prosjekterende og utførende, men artikkelen er i stor grad skrevet i perspektivet til de utførende da en betydelig del av bruksområdene til nettbrett er knyttet opp mot de som arbeider på byggeplassen.

Deler av styrkene og utfordringene som er presentert i artikkelen gjelder kun for spesielle applikasjoner og er ikke gjeldene for selve nettbrettet. Dette gjelder spesielt bygningsinformasjonsmodell (BIM) applikasjonene som gir store muligheter, men som det også er størst motstand mot å bruke på byggeplassen. Styrkene og utfordringene ved bruk av nettbrett må derfor leses med hensyn på hvilke applikasjoner og funksjoner som skal brukes på det enkelte prosjekt.

Nettbrett er utbredt på byggeplasser i Norge, men det er et fåtall av bruksområdene som brukes på hver enkelt byggeplass. Det var derfor nødvendig å intervjuere personer på forskjellige prosjekter for å kunne omfavne flest mulige bruksområder.

2 GJENNOMFØRINGSPROSESS MED DATAINNSAMLING

Halvorsen (1993) definerer *metode* som en systematisk måte å undersøke virkeligheten på. Det er de midlene vi benytter for å belyse ulike problemstillinger og for å komme frem til ny kunnskap og erkjennelse. Den vitenskapelige artikkelen inneholder et kort avsnitt om forskningsmetode, men av hensyn til sideantall er avsnittet nokså komprimert. Påfølgende kapittel er derfor en mer utfyllende beskrivelse av forskningsmetoden og teorien bak. Dette kapitlet skal være ekvivalent til metodekapitlet i en tradisjonell masteroppgave ved NTNU. Det er gjort refleksjoner omkring valg av metode for å vise hvilke vurderinger som er lagt til grunn for gjennomføringen av forskningen.

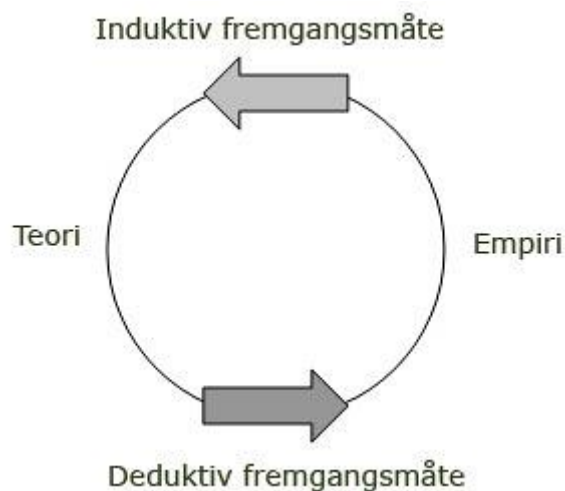
2.1 FORSKNINGSDESIGN

Første fase i et forskningsprosjekt innebærer å klarlegge problemstilling og forskningsspørsmål. Et forskningsdesign er en overordnet plan for prosjektet, og fungerer som et rammeverk for forskningen. Ifølge Hart (2005) skal forskningsdesignet først og fremst sikre at forskningsspørsmålene blir besvart på en god og effektiv måte. Prosjektets design beskriver retningslinjer for hvordan forskeren tenker seg å utføre arbeidet. Retningslinjene for prosjektet omfatter beskrivelser av hva undersøkelsen skal fokusere på, hvem som er aktuelle informanter, hvor undersøkelsen skal utføres og hvordan den skal utføres. Et forskningsdesign inneholder altså en beskrivelse av undersøkelsens hvem, hva, hvor og hvordan (Thagaard, 2010). Det er først og fremst av betydning å bestemme hvilken forskningstilnærming og forskningsmetode som skal benyttes i arbeidet. Tilnærmingen og metoden som velges, vil være avhengig av problemets karakter og forskningsprosjektets formål. Dette er videre utdypet i det følgende.

2.1.1 Forskningstilnærming

Forskningstilnærming er måten problemstillingen angripes og besvares. Teorien skiller mellom deduktiv og induktiv tilnærming.

- Induktiv tilnærming betyr å trekke slutninger fra observasjoner i empiriske undersøkelser og generalisere dette til generelle teorier eller lovmessigheter. Dette fører ofte til ny kunnskap på områder hvor det finnes lite forhåndskunnskap.
- I Deduktiv tilnærming avledes forskningsspørsmålene fra teorier og antagelser fra tidligere forskning. Teoriene blir så avkreftet eller bekreftet gjennom empiriske undersøkelser. Denne tilnærmingen blir gjerne brukt på områder hvor det finnes mye forhåndskunnskap.



Figur 1: Induktiv og deduktiv forskningstilnærming (Sander, 2014).

I denne studien er begge tilnærmingene brukt. Det kalles en hypotetisk-deduktiv metode, og bygger på prøving og feiling ved hjelp av både induksjon og deduksjon. Man tester hypoteser utledet fra teori gjennom empiriske undersøkelser, for å finne ut om de kan støttes eller forkastes. Høsten 2014 ble det gjennomført et litteraturstudie og en kvalitativ undersøkelse som gav grunnlag for forskningsspørsmålene til denne studien. Gjennom empiriske undersøkelser er det utledet hypoteser som ved videre arbeid kan testes gjennom eksperimenter for å luke bort feilaktige antagelser og komme et skritt nærmere sannheten.

2.1.2 Forskningsmetode

I tillegg til forskningstilnærming, er det viktig å velge en forskningsmetode. Det skiller vanligvis mellom to hovedtyper metoder; kvantitative og kvalitative.

- Kvantitative metoder tar utgangspunkt i tall og det som er målbart. Kvantitative studier er forbundet med høy grad av etterprøvbarehet og stor vekt på presisjon.
- Kvalitative metoder er basert på muntlig eller tekstlig informasjon. Hovedfokus er gjerne på helhetsforståelse, og etterprøvbarehet kan være en utfordring. Denne metoden benyttes ofte for å etablere hypoteser, og når man ønsker å forstå et fenomen, i stedet for å måle det.

I følge Dalland (2012) er en viktig forskjell mellom kvalitativ og kvantitativ tilnærming, at forskeren i en kvalitativ tilnærming erkjenner påvirkning og delaktighet, og at man er i direkte kontakt med feltet. Selv om det er fundamentale forskjeller mellom kvantitativ og kvalitativ tilnærming vil ikke valget av den ene utelukke den andre. Det er normalt å kombinere de to metodene. Egenskapene til kvalitativ metode passer bra til denne oppgaven, da ønsket er å fange opp mening og opplevelse som ikke lar seg tallfeste. Målet er å få oversikt over styrker og utfordringer ved bruk av nettbrett på byggeplass. Studien er derfor basert på kvalitative forskningsmetoder. Det er etablert hypoteser som ved videre arbeid kan tallfestes ved hjelp av kvantitative metoder.

2.1.3 Vurdering av metoder

Når metode for datainnsamling velges, er det vanlig å evaluere metoden etter gyldighet og pålitelighet. Validitet og reliabilitet er gjerne brukt i denne sammenhengen, og det

er nødvendig å ha innsikt i disse to begrepene for å kunne oppnå troverdige resultater i en vitenskapelig undersøkelse (Ringdal, 2001)

- Begrepet validitet brukes i forskning til å karakterisere informasjonens godhet (Samset, 2013). Validitet betyr gyldighet og definisjonen av validitet innebærer at det er samsvar mellom virkelighet og tolkning. Forskere skiller mellom intern og ekstern validitet. Intern validitet sier ifølge Halvorsen (1993) noe om i hvilken grad resultatene er gyldige for det utvalget og det fenomenet som er undersøkt. Ekstern validitet er i hvilken grad resultatene kan overføres til andre utvalg og situasjoner.
- I følge Samset (2013) forteller reliabilitet noe om hvorvidt informasjonen er pålitelig, og om den er etterprøvable. Reliabilitet brukes gjerne om konsistens og stabilitet i målinger. Det vil si at dersom den samme målingen utføres flere ganger, skal den gi samme resultat hver gang. For at en metode skal ha høy reliabilitet må undersøkelser utføres korrekt og eventuelle feilmarginer må gjøres rede for (Dalland, 2012).

2.2 VALG AV METODE FOR DATAINNSAMLING

Det ble bestemt å utforme et forskningsdesign med en hypotetisk-deduktiv tilnærming til undersøkelsene og bruke kvalitative metoder for å samle inn data. I utgangspunktet ble det besluttet å gjøre en case-studie basert på et prosjekt som benytter nettbrett på byggeplassen. Dette viste seg å være vanskelig å finne, da de prosjektene som ble kontaktet kun hadde ambisjoner om å bruke nettbrett eller brukte det i såpass liten grad at det var nødvendig å utvide horisonten til flere prosjekter. Det ble derfor besluttet å gjennomføre generelle intervjuer med forskjellige roller for å omfavne flest mulig bruksområder og synspunkter. Metodene som er brukt er litteratursøk, dokumentanalyse og kvalitative dybdeintervjuer. I det følgende vil gjennomføringen av disse metodene bli beskrevet nærmere.

2.2.1 Litteratursøk

Et litteratursøk er et systematisk søk etter publisert litteratur innenfor et avgrenset tema. I følge Robinson og Reed (1998) er et litteratursøk den beste måten å tilegne seg informasjon om tidligere forskning på det aktuelle temaet. Det ble derfor besluttet å starte med et litteratursøk for å få oversikt over hvilke problemer som finnes, og hvilke eventuelle hull som finnes i tidligere forskning.

Søketeknikk

Grunnleggende kommunikasjon- og informasjonsteori ble søkt etter først. Disse emnene er studert i mange år. Det er derfor viktig å søke etter kilder som behandler teorier fra flere forskere, perspektiver og tidsepoker. Her er fagbøker en god kilde, da de gir både bredde og dybde. For å finne gode fagbøker er søkemotoren BIBSYS ASK benyttet. Søkene er avgrenset til NTNU Universitetsbibliotek. Enkle søkeord som «kommunikasjonsteori», «communication theory», «informasjonsteori» og «information theory» gir veldig mange treff, og det er vanskelig å vite hvilke kilder som er relevante. Søkene ble derfor supplert med anerkjente forfattere innenfor temaet.

Videre ble søkingen rettet mer mot kommunikasjon i byggebransjen. Dette er et smalere tema med både gammel og ny forskning. Tidsskriftartikler og konferanseartikler er derfor gode kilder, samt fagbøker. Storbritannia var tidlig ute med å studere kommunikasjon i byggebransjen, og mye av den fremste forskningen på feltet

er gjort der. Samtidig er det situasjonen i den norske byggebransjen som er mest relevant i forhold til denne studien. Det er derfor søkt etter kilder fra Storbritannia og Norge. Søket er videre spisset mot bruk av nettbrett på byggeplassen. Dette er et nytt felt med stor utvikling på kort tid. Det har derfor betydning at kilden er av ny karakter. Tidsskriftartikler, konferanseartikler og masteroppgaver fra nyere tid er gode kilder til oppdatert forskning innen temaet. Det er her anvendt Compendex, Inspec og Scopus som er fagspesifikke databaser. Nettsidene til IGLC er også benyttet for å søke etter tidligere konferanseartikler, og for å få innsikt i den aktuelle diskusjonen som pågår rundt Lean construction.

Det er benyttet boolsk søketeknikk for å avgrense eller utvide søk. Ord som AND, OR og NOT kan brukes mellom søkeord for å spesifisere at man ønsker treff som inneholder begge ordene, en av de, eller treff som ikke inneholder det ene ordet. Ved søk på fraser eller ord som hører sammen er det anvendt anførselstegn. Et eksempel er «communication theory», der man ved hjelp av anførselstegn utelater alle treff som inneholder «communication» eller «theory». Trunkering er også benyttet. Å trunkere betyr å søke på stammen av et ord for å få med entalls-/flertallsendelser og ulike varianter av ordet. Trunkeringstegnet er en stjerne (*). I databasene er det også mulig å spesifisere hvor i artikkelen treffet skal befinne seg; i tittelen, sammendraget, innholdsfortegnelsen eller hvor som helst i artikkelen. I søket er koden AB mest benyttet. Dette betyr at søkeordene skal finnes i sammendraget av artikkelen. Tabellene nedenfor viser eksempler på søkeord og søkekombinasjoner som er brukt under litteratursøket.

Tabell 1: Utdrag av loggføring ved søk i BIBSYS ASK.

Søkeord	Treff i BIBSYS ASK
Kommunikasjonsteori	274
“Communication theory”	1512
Informasjonsteori	368
“Information theory”	2998
"Construction site" and communication	11
Communication and (bs.forfatter = "Dainty")	2
“Communication theory” and construction and UK	4
“Information theory” and (bs.forfatter = “West”)	10
Tablet construction	0

Tabell 2: Utdrag av loggføring ved søk i databasene Compendex, Inspec og Scopus.

Søkeord	Treff	
	Compendex/Inspec	Scopus
BIM wn AB	3589	6524
Communication wn AB and documentation wn AB	48	11
Communication wn AB and documentation wn AB and BIM wn AB AND drawings wn AB	3	1
“Information flow” wn AB and construction wn AB	10 928	4 179
“Information flow” wn AB and “construction site” wn AB	694	457
“Information flow” wn AB and “construction site” wn AB and rework wn AB	9	5
Communication wn AB and tablet* wn AB	2 316	2 159
Tablet* wn AB and “construction site” wn AB	56	56
Tablet* wn AB and “construction site” wn AB and BIM	4	3
((Ballard Glenn) wn AU) and “lean construction”	28	57
((Ballard Glenn) wn AU) and rework wn AB	4	4

Evaluering av databaser og søkemotorer

Anvendte søkemotorer er:

4. BIBSYS ASK
5. Google Scholar
6. Engineering Village

BIBSYS ASK er bibliotekskatalogen for alle universitets- og høyskolebibliotekene i Norge. All litteratur på universitetsbibliotekene er kvalitetssikret faglig informasjon, og BIBSYS ASK er derfor en god søkemotor for fagbøker. Google Scholar har et stort utvalg av faglige artikler, men det er vanskelig å avgrense søkene. Det gir mange treff på et søk, og usikker kvalitet på mange av kildene. Det er også usikkert når kildene er sist oppdatert. Google Scholar vil lagre tidligere søk, som igjen vil gi utslag på nye søk. Det er derfor ekstra viktig å være kritisk til troverdigheten til kilder som er funnet ved hjelp av Google Scholar.

Anvendte databaser er:

- Compendex
- Inspec
- Scopus

Engineering Village søker i databasene Compendex, Inspec og GeoRef. Dette er artikkeldatabaser med mulighet til å lese artikler på nettet. Compendex dekker alle ingeniørfag og er den mest brukte databasen ved søk knyttet opp mot byggebransjen. Inspec dekker fysikk, elektronikk og databehandling. Denne er noe brukt i søk knyttet opp mot datateknologi. GeoRef er ikke brukt i denne oppgaven. I Engineering Village er det det mulig å avgrense søkene til type artikler, språk, forfatter, tidsepoke m.m. samt

å kombinere flere søk, og sortere resultatene. Dette gir stor sjans for å finne relevant og troverdig informasjon. Noe av litteraturen er hentet fra databasen Scopus. Den dekker alle fag, men er spesielt rettet mot realfag, teknikk og medisin. Scopus gir samme muligheter til avgrensning og sortering som Engineering Village.

Kildekritikk

Den benyttede litteraturen er kritisk vurdert for å kartlegge informasjonens verdi. Den er vurdert etter retningslinjene til VIKO (2010), som er NTNU sine nettsider for hjelp til litteratursøk og oppgaveskriving. VIKO presenterer fire overordnede kriterier for vurderingen; troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet (TONE). Informasjonens troverdighet er i stor grad knyttet til forfatterens renommé og hvilken kvalitetskontroll informasjonen har gjennomgått. Er informasjonen hyppig sitert i andre forskningsartikler styrker dette informasjonens troverdighet. Objektivitet i informasjonen er knyttet til om innholdet er objektivt eller partisk. Det er lagt vekt på at flere sider av samme sak diskuteres, og at det avdekkes om hvorvidt hensikten til forfatteren er å informere eller overbevise leseren. Nøyaktigheten til informasjonen er vurdert etter hvor omfattende og detaljert kilden er, om den er oppdatert og om den støttes i andre publikasjoner. Egnethet er knyttet til hvilket emneområdet kilden dekker, og i hvilken grad informasjonen er relevant for oppgavens problemstilling. På tross av at litteraturen er gjennomgått kildekritikk, vil det fortsatt være rom for feilkilder.

Feilkilder og evaluering av metodens reliabilitet og validitet

En feilkilde ved litteratursøk er at litteraturen er påvirket av den respektive forfatters tolkninger av forskningens resultat. Primærkilden var ofte vanskelig tilgjengelig, og noe av litteraturen som er anvendt har derfor vært sekundærkilder. Kilder som er bearbeidet av en eller flere, øker risikoen for å arve andres feiltolkninger og unøyaktigheter. Videre kan dataen fra litteratursøket ha blitt tolket feil av undertegnede. En vurdering av om dataen er tolket feil kan bare en etterprøving av tilsvarende litteratur si noe om.

Under gjennomføringen av litteratursøket er det lagt stor vekt på kildens egnethet. Det er kun benyttet informasjon som er relevant for forskningsspørsmålene. Dette gir en høy intern validitet. Det er derimot liten mulighet til å avklare eventuelle feiltolkninger eller uklarheter i litteraturen, noe som reduserer den interne validiteten. Den eksterne validiteten handler om i hvilken grad resultatene kan overføres til andre utvalg og situasjoner. Det er benyttet litteratur fra ulike forfattere, fra ulike land og fra ulike tider. Den eksterne validiteten begrenses av at det er få studier som omhandler bruk av nettbrett på byggeplassen, og det er vanskelig å innhente nok informasjon til å kunne generalisere resultatene.

All litteratur er gjennomført kildekritikk, som gjør informasjonen pålitelig. All litteratur er vedlagt, og gjennomføring av søk og kildekritikk er godt beskrevet. Dette gir metoden er høy reliabilitet.

2.2.2 Intervju

Intervjumetoden gir mulighet til å dokumentere erfaringer og synspunkt fra alle viktige aktører, for så å analysere svarene opp mot problemstillingene. Man tar sikte på å få frem nyanserte beskrivelser av situasjonen intervjupersonen befinner seg i (Dalland, 2012). Kvalitative intervjuer er en god metode for å få en dypere forståelse av en problemstilling, og for å undersøke og beskrive menneskers opplevelse og erfaringer (Kunnskapscenteret, 2014). I forbindelse med studien ble det i alt gjennomført ni

intervjuer, der tre av intervjuene ble gjennomført i den innledende studien høsten 2014. Resultater fra disse intervjuene, samt resultater fra litteratursøk og dokumentanalyse, er brukt til å utarbeide en intervjuguide for de resterende seks intervjuene. Respondentene bestod av en prosjektleder og en fagarbeider fra Hæhre Entreprenør AS, en prosjektleder fra Veidekke Entreprenør AS, to fagkonsulenter fra Cowi og en programutvikler fra Rendra O. På denne måte er flere roller representert i resultatene fra intervjuene. Det ble i tillegg forsøkt å kontakte flere programutviklere uten å lykkes. Kriteriet til intervjuobjektene var at de hadde anvendt nettbrett i daglig arbeid og at de hadde brukt flere av funksjonene som finnes på nettbrett. Dette var for å sikre størst mulig innsikt blant respondentene, og god troverdighet i svarene.

Intervjuguiden ble sendt på epost til intervjuobjektene i forkant av intervjuet slik at de hadde mulighet til å forberede seg. Intervjuguiden er nært knyttet opp mot problemstillingene, og den ble strukturert slik at intervjuer hadde mulighet til å utvikle spørsmål underveis, gjennom å følge opp svarene intervjuobjektet gav. Spørsmålene er formulert slik at de oppfordrer til beskrivelser og gjennomtenkte forklaringer. Det ble brukt samme intervjuguide med alle intervjuobjektene, selv om bakgrunnen deres kunne gjøre det vanskelig å svare på noen spørsmål. Dette ble gjort for å få et mest mulig sammenlignbart resultat. Intervjuguiden ligger som vedlegg 2 i oppgaven.

Intervjuene er gjennomført som semi-strukturerte intervjuer. I følge Kvale (1997) er dette best egnet når et bestemt tema skal undersøkes. Intervjumetoden gjør det mulig å følge en strukturert intervjuguide for å mest mulig sammenlignbare resultater. Samtidig kan intervjueren stille oppfølgingsspørsmål dersom det er hensiktsmessig, og man kan gå i dybden på enkelte tema dersom interessant informasjon dukker opp.

Intervjuguiden fungerte til sitt formål, noe som førte til at intervjuene foregikk på tilnærmet lik måte hver gang. Enkelte intervjuobjekter hadde lettere for å spore av enn andre, men intervjuguiden fungerte da som et verktøy for å få samtalen tilbake på rett spor. Dataene er registrert gjennom en kombinasjon av lydopptak og notater på PC. Dette ble gjort for å sikre at all informasjon var registrert, og for å ha en sikkerhets kopi dersom det skulle hende noe med enten lydopptakeren eller notatene på PC-en. Lydopptakene ble gjennomgått og skrevet sammen med notatene umiddelbart etter intervjuene, mens de fortsatt var friskt i minnet.

Feilkilder og evaluering av metodens reliabilitet og validitet

En feilkilde er at det kun er gjennomført seks intervjuer. Et større antall undersøkelsesobjekter ville redusert muligheten for feilkilder og usikkerhet. Det er blitt forsøkt å kontakte flere, men det viste seg at det var vanskelig å finne personer med tilstrekkelig erfaring med bruk av nettbrett. Når resultatene avhenger av et begrenset antall respondenters svar er det viktig å være bevisst på dette, og ikke ta alle svar for god fisk. I denne studien er alle svar sammenlignet med teori og interne dokumenter for å sikre et troverdig resultat.

Thagaard (2010) beskriver et nøytralitetsideal, der man prøver å unngå å påvirke intervjupersonene i størst mulig grad. Det ble derfor utarbeidet objektive, ikke-førende spørsmål, slik at intervjupersonene kunne uttrykke frie meninger. Dette er likevel en feilkilde, da det er lett å danne seg et bilde av hva personen kommer til å svare etter flere lignende intervjuer. Det har derfor blitt lagt vekt på å forholde seg nøytral til ethvert nytt intervju og stille oppfølgingsspørsmål for å få frem eventuelle nye synspunkter, men det er vanskelig å unngå at intervjueren påvirker enkelte svar. Andre

feilkilder ved intervju som metode er at intervjuobjektene kan misforstå spørsmålene, og at de kan svare det de tror intervjuer ønsker at de skal svare.

Intervjuguiden er spesifikt utarbeidet med hensyn på forskningsspørsmålene for å øke validiteten på resultatene. Bruk av ansikt-til-ansikt intervju gir i tillegg intervjuer mulighet til å stille oppfølgingsspørsmål og avdekke eventuelle uklarheter, noe som gir en høy intern validitet. Den eksterne validiteten er lavere, da det kun er gjennomført seks intervjuer. Dette reduserer generaliserbarheten. Det er derimot intervjuet forskjellige aktører, fra forskjellige prosjekt for å øke den eksterne validiteten så mye som mulig.

Intervjuguiden er vedlagt oppgaven, og gjennomføringen av intervjuene er godt beskrevet. Svakheter og feilkilder ved metoden er dokumentert slik av nye studier kan ta hensyn til disse. Dette gir metoden en høy reliabilitet.

2.2.3 Dokumentanalyse

Som en del av undersøkelsene er det samlet inn, behandlet og tolket sekundærdata. Det er samlet inn interne dokumenter, utarbeidet av Nawras Skhmot i Veidekke Entreprenør AS. Skhmot er medforfatter i den vitenskapelig artikkelen, nærmere beskrevet i kapittel 2.6. Dokumentene inneholder mye informasjon, og det var nødvendig å systematisere og forenkle dataen for å fremheve den informasjonen som er interessant for forskningsspørsmålene. De anvendte dokumentene er analyser av 24 ulike byggeplassapplikasjoner. Dataen har god korrelasjon med forskningsspørsmålene, den er systematisk utarbeidet etter kvalitative forskningsmetoder over lang tid, og det er studert et vidt spekter av applikasjoner. Behandling av sekundærdata gir liten kontroll over innholdet, og analysene er kun utført av en person. Dette kan føre til at subjektive meninger påvirker resultatene. Undertegnede hadde derimot hverken tid eller midler til å teste ut 24 forskjellige byggeplassapplikasjoner. Det ble derfor, etter samtaler med Veidekke, besluttet å benytte disse dokumentene som et supplement til undersøkelsene i studien. Under behandlingen og tolkingen av dataen stilte Skhmot seg tilgjengelig for å diskutere spørsmål og uklarheter ved informasjonen i dokumentene.

Yin (2013) hevder at en styrke ved denne metoden er at dokumentene er stabile og eksakte. Med dette menes at dokumentet gjennomgås flere ganger, og at det kan inneholde eksakte navn og referanser. Svakheter ved et dokumentasjonsstudie er, ifølge Yin (2013), at dokumentene kan være ufullstendige, i form av at noe holdes tilbake, eller at det er ensidig rapportering. Dokumentene er under studien behandlet konfidensielt. De er derfor ikke dokumentert i en referanseliste eller lagt ved som vedlegg til oppgaven.

Feilkilder og evaluering av metodens reliabilitet og validitet

Dokumentene har god korrelasjon med forskningsspørsmålene, og muligheten til å diskutere og avdekke uklarheter med forfatteren gir studien en høy intern validitet. Videre er det studert et vidt spekter av applikasjoner, og de er prøvd ut i realistiske omgivelser; på en byggeplass. Dette gjør resultatene sammenlignbare med virkeligheten, og gir en høy ekstern validitet.

Reliabiliteten, som sier noe om påliteligheten og etterprøvnbarheten til resultatene, er derimot lav. Dokumentene er utarbeidet av kun en person, og behandling av sekundærdata gir liten kontroll over innholdet. Applikasjonene er studert fra kun ett perspektiv, og subjektive meninger og preferanser kan påvirke resultatene. Videre er

ikke studien etterprøvbar, da dokumentene er konfidensielle og vil derfor ikke publiseres.

For å sikre høy pålitelighet må resultatene fra dokumentstudiet ses i lys av resultatene fra de andre metodene. Metoden gir mye spesifikk informasjon, og Skhmot er en utførende som jobber på byggeplassen til daglig, med bred erfaring på bruk av nettbrett. Han utgjør derfor et viktig perspektiv å inkludere i denne studien.

2.3 EVALUERING AV FORSKNINGENS KVALITET

De valgte metodene skal sikre at artikkelen presenterer troverdig kunnskap. Dalland (2012) påpeker viktigheten av kritisk syn på egen forskning og trekker særlig frem kravene til validitet og reliabilitet. Yin (2014) mener det styrker troverdigheten til forskning dersom man bruker et flertall av kilder til dokumentasjon, fremlegger all rådata for etterprøving, bruker en oversiktlig struktur så leseren lett kan følge avledningen og at man er kritisk til kildene sine. Forskningsdesignet er blant annet basert på Yins anbefalinger for at resultatene skal oppnå størst mulig troverdighet. Det er benyttet ulike kilder, all innsamlet data med unntak av dokumenter fra Veidekke er vedlagt, og strukturen på artikkelen er bygget opp på en logisk måte. Leseren skal ledes fra teori, via undersøkelser til resultater, drøfting og konklusjon.

Studien svarer konkret på forskningsspørsmålene, og har en høy intern validitet. Resultatene til studien vil ikke nødvendigvis kunne sammenlignes direkte med alle prosjekter, da undersøkelsene er gjennomført i en norsk kontekst og omfavner et begrenset antall prosjekter. Dette reduserer den eksterne validiteten. Prosessrapporten vil derimot være et virkemiddel for å øke reliabiliteten til forskningen.

2.4 ETISKE HENSYN

Studien følger de etiske retningslinjer utarbeidet av de nasjonale forskningsetiske komiteene (2014). Respekt, rettferdighet og integritet er viktige prinsipper å følge for å utarbeide en forskningsetisk riktig studie. Ærlighet, åpenhet, dokumenterbarhet og systematikk er forutsetninger for denne studien. Under intervjuer er det lagt vekt på frivillig informert samtykke, som går ut på at intervjuobjektet er informert om hva studien går ut på og hva den skal brukes til, det skal være frivillig og dokumenterbart. Ettersom artikkelen skal publiseres er alle intervjuobjekter behandlet konfidensielt, der kjønn, alder, navn og stilling ikke fremgår av oppgaven. Lydopptak og transkriberinger fra intervjuene inneholder ingen sensitive opplysninger og de er derfor ikke kryptert, men det er lagt vekt på at dette ikke sendes til andre personer enn de involverte. Det er etablert gode rutiner for håndtering og lagring av data, for å hindre at det ikke spres eller går tapt.

Det er så langt som mulig lagt vekt på god henvisningsskikk, som sikrer krav til etterprøvbarehet og gir grunnlag til videre forskning. De interne dokumenter fra Veidekke Entreprenør AS er derimot ikke lagt ved og kan ikke etterprøves. Dette er for å ivareta en konfidensiell plikt ovenfor Veidekke.

2.5 VALG OG BESLUTNINGSPROSESSER UNDERVEIS

Allerede under arbeidet med prosjektoppgaven ble det bestemt at temaet skulle videreføres til en masteroppgave og at det skulle utarbeides en vitenskapelig artikkel. 8th Nordic Conference on Construction Economics and Organization ble vurdert, og det ble sendt inn et ekstrakt. Etter diverse problemer med mailsystemet til organisasjonskomitéen ble tilbakemeldingene fra konferansen mottatt veldig sent, og

fristen for å sende inn førsteutkast ble ansett som for kort. Det ble besluttet å sende inn ekstrakt til International Group for Lean Construction (IGLC) konferansen, der fristene til innleveringene passet bedre med vårsemester på NTNU. Det videre arbeidet er derfor i stor grad styrt av diverse frister satt av konferansens akademiske komité.

Etter konferansens tilbakemeldinger på ekstraktet ble det klart at det måtte være en klarere forbindelse til Lean i oppgaven. Det ble derfor valgt å øke fokuset på Lean Construction i introduksjonen og teoridelen av artikkelen.

Ved innlevering av førsteutkast i mars var ikke alle undersøkelser gjennomført, men de resultater som var fremkommet til da ble inkludert i artikkelen. Det ble også besluttet å inkludere en fjerde forfatter, etter førsteutkast av artikkelen var utarbeidet. Beslutningen ble tatt på bakgrunn av at dette er en person med innsikt i tematikken og som kunne komme med gode innspill. Det var allerede benyttet mye av hans arbeid i artikkelen, som er nærmere beskrevet i neste kapittel.

IGLC sine tilbakemeldinger på førsteutkastet var gode. Det ble gitt forslag til forbedringer, og endring i tittel og rettskrivning ble påkrevd. Tilbakemeldingene fra IGLC og endringer gjort på bakgrunn av disse finnes i vedlegg 3 og 4. Glenn Ballard, en professor fra Berkeley som har et samarbeid med NTNU, stilte seg disponibel til veiledning av studenters artikler. Det ble besluttet å be om hans veiledning, der gode forslag til forbedringer kom frem. Forslagene fra IGLC og Ballard ble tatt høyde for, og de to resterende intervjuene ble gjennomført og lagt til i resultatdelen. Ferdig artikkel ble levert inn til konferansen 29.05.15.

2.6 ARBEIDSFORDELING MELLOM FORFATTERNE

Forfatterne som har bidratt til den vitenskapelige artikkelen er, i rekkefølge:

- Erle Harstad, masterstudent NTNU.
- Ola Lædre, hovedveilder NTNU.
- Fredrik Svalestuen, biveileder NTNU/Veidekke.
- Nawras Skhmot, medforfatter Veidekke.

Lædre og Svalestuen har begge bidratt stort ved tydeliggjøring av prosjektet. De har bistått i utforming av problemstilling, mål og omfangsbegrensning, og ved valg av metode for datainnsamling. Videre har de gitt råd og diskutert muligheter underveis. Lædre har hjulpet til med redaksjonell utforming og strukturering av resultat og konklusjonsdel i artikkelen. Svalestuen har bistått med forslag til litteratur som er benyttet i litteraturstudiet og kontakter fra Veidekke og Rendra O, som er benyttet til intervjuer. Skhmot ble også kontaktet ved hjelp av Svalestuen tidlig i prosessen. På det tidspunktet bidro han med interne dokumenter fra Veidekke som består av analyser av diverse applikasjoner som benyttes av byggebransjen i Norge. Det er mye arbeid lagt bak disse analysene og det er flittig brukt i arbeidet med artikkelen. Videre, da Skhmot ble inkludert som medforfatter har han kommet med forslag til forbedringer av førsteutkastet. Mange av forlagene ble tatt med, men noen måtte forkastes ettersom de ikke korrelerte med funnene som ble gjort ved undersøkelsene.

Harstad hadde kontakter fra Hæhre som ble benyttet til intervjuer. Hun har utført analyse av data og gjennomført alle intervjuer. Videre er alt skrivearbeid samt arbeid med figurer og tabeller utarbeidet av Harstad. Artikkelens layout er strengt regulert av IGLC. Det er utarbeidet en formell mal med retningslinjer for sideantall, teksttype, overskrifter, linjeavstander, figurer, tabeller og referanser. Dette har gjort arbeidet med

formattering forholdsvis enkelt, ettersom det bare tilpasses malen. Den samme malen er benyttet under arbeidet med prosessrapporten.

3 UTDYPET TEORI

Teorien som presenteres i artikkelen er direkte knyttet til problemstillingen, og mer utfyllende teori rundt tilstøtende temaer var det ikke plass til. I det følgende vil det derfor være en utdyping og et supplement av teori som er benyttet under arbeidet med artikkelen.

3.1 KOMMUNIKASJONSTEORI

Forskningsspørsmålene handler i stor grad om kommunikasjon, og i forbindelse med undersøkelsene er det benyttet mye bakgrunnsteori som omhandler kommunikasjon. For å kunne forbedre kommunikasjonen mellom prosjekterende og utførende er det viktig å vite hva kommunikasjon er, hvilke elementer som inngår i en god og effektiv kommunikasjon og hvordan kommunikasjonen foregår i dag. Dette måtte forkastes i artikkelen, men er videre utdypet i det følgende.

Ordet kommunikasjon er latin og har betydninger som «å melde, meddele, underrette om, stå i forbindelse med». Kommunikasjon er et vidt begrep med flere definisjoner. West og Turner(2014) definerer kommunikasjon som en sosial prosess der individer benytter symboler for å etablere og tolke mening i deres miljø. Angeltveit et.al. (2006) presenterer en definisjon som sier at kommunikasjon er overføring eller utveksling av informasjon gjennom et felles symbolsystem. Kommunikasjon trenger ikke være gjennom ord eller tydelige symboler; vi kommuniserer gjennom alt vi gjør, og et budskap kan ha flere betydninger avhengig av situasjonen. Graner (1995) deler kommunikasjon inn i tre ulike kategorier, Verbal, ikke-verbal og symbolsk kommunikasjon:

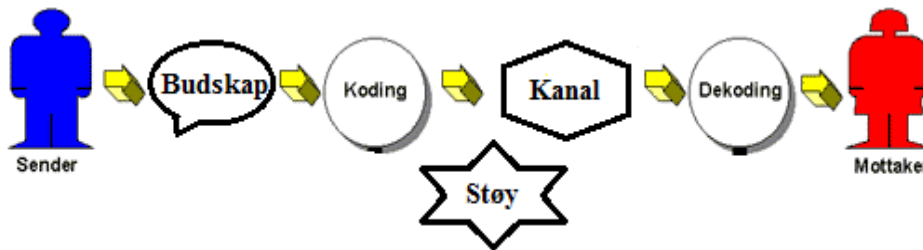
- **Verbal kommunikasjon** er kommunikasjon ved hjelp av ord. Ord kan uttrykke ulik følelsesmessig verdi, de kan ha forskjellig betydning eller ulike nyanser. En del oppleves som positivt verdiladde, andre som negative eller nøytrale. En slik oppfatning av ord deles ofte av alle i samme kultur.
- **Ikke-verbal kommunikasjon** handler ofte om ansiktsuttrykk, kroppsspråk, måten vi plasserer oss i forhold til den vi snakker med, paraspråk, og pusting. Paraspråk handler om hvordan ordene sies; stemmeleie, tempo, pauser og lignende. Ikke-verbal kommunikasjon kan brukes til å understreke positivt eller negativt ladde ord.
- **Symbolsk kommunikasjon** er kommunikasjon gjennom handling eller ytre kjennetegn. Det kan være handlinger som å gi bort gaver eller invitere til middag. Måten vi kler oss på, smykker, frisyre, sminke og annet formidler et budskap om hvor vi har vår tilhørighet.

Det finnes flere teorier og modeller for å beskrive kommunikasjon. Figur 2 illustrerer den enkleste modellen for kommunikasjon. Den viser at all kommunikasjon består av en sender, et budskap og en mottaker.



Figur 2: Kommunikasjonsmodellen. Utarbeidet på bakgrunn av Sander(2013) sitt arbeid.

Figur 2 utgjør grunnmuren i enhver kommunikasjonsmodell, men den er ikke utfyllende nok til å forstå hva som virkelig skjer i en kommunikasjonsprosess. Shannon og Weaver (1949) introduserte den lineære kommunikasjonsmodellen. Den inkluderer flere elementer som inngår i en kommunikasjonsprosess. Dette er en matematisk modell, som opprinnelig ble laget for telekommunikasjonsfeltet. Modellen illustreres i Figur 3.

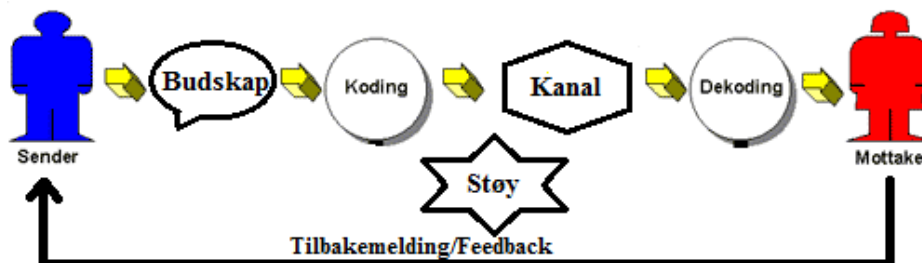


Figur 3: Den lineære kommunikasjonsmodellen. Utarbeidet på bakgrunn av Shannon og Weaver (1949) sitt arbeid.

Elementene som inngår i prosessen er nærmere forklart under:

- **Koding** er måten budskapet presenteres til mottakeren. Det kan være i muntlig form eller ved hjelp av tekst, tegninger eller figurer.
- **Kanalen** er den konkrete formidlingsveien, eller det mediet som brukes for å nå målgruppen. Kommunikasjonskanaler kan karakteriseres etter deres evne til å være bærer av ulik grad av kommunikasjonsrikhet. Det er flere faktorer som spiller inn i forhold til rikheten av kommunikasjonskanaler, men muligheten for å gi rask tilbakemelding for å oppklare misforståelser og sikre at budskapet er oppfattet riktig, er vanligvis en god indikator på kanalens rikhet. Eksempler på kommunikasjonskanaler er telefon, epost og lignende.
- **Dekoding** av budskapet er mottakerens måte å tolke det budskapet som er sendt.
- **Støy** er alle forhold som kan være med på å forstyrre formidlingen av budskapet. Vi skiller mellom ekstern og intern støy, og eksempler kan være bråk, språkforskjeller, svikt i konsentrasjonsevne og tidspress.

Arbeidstegninger og byggebeskrivelser kan kategoriseres som lineær kommunikasjon, der kommunikasjonen er redusert til en prosess som kun består av å overføre informasjon. Kaufmann og Kaufmann (2003) introduserte en modell der kommunikasjon er en toveisprosess. En viktig del av denne kommunikasjonsprosessen er gjensidige tilbakemeldinger og tolkinger i et sosialt samspill. Modellen er illustrert i Figur 3.



Figur 4: Kommunikasjonsprosessens elementer. Utarbeidet på bakgrunn av Kaufmann og Kaufmann (2003) sitt arbeid.

Studien bak den vitenskapelige artikkelen baserer seg på kommunikasjonsmodellen til Kaufmann og Kaufmann (2003). Kommunikasjon på byggeplassen handler om mer enn overføring av informasjon fra prosjekteringsfasen til gjennomføringsfasen (Røsdal og Ørstavik, 2011). Med denne modellen har mottakeren muligheten til å sende et nytt budskap tilbake til senderen, som gir muligheter for oppklaring av misforståelser og korrigering av feiloppfatninger. Prosessen kan da foregå til sender og mottaker har en felles forståelse om hva budskapet dreier seg om. Kommunikasjon i byggeprosjekter er nærmere utdypet i neste kapittel.

Et viktig element i en kommunikasjonsprosess er valg av kommunikasjonskanal. Figur 1 i den vitenskapelige artikkelen illustrerer rikheten og effektiviteten til vanlige kommunikasjonskanaler. Der er latens beskrevet som en faktor for å oppnå rik kommunikasjon. Latens defineres som den tiden det tar fra budskapet sendes, til tilbakemeldingen mottas av senderen. Lav latens er derfor viktig for å oppnå en rik og effektiv kommunikasjon.

3.2 KOMMUNIKASJON I BYGGEPROSJEKTER

Kommunikasjonen er prosjektarbeidets smøresystem, og det krever tid og ressurser for at et slikt smøresystem skal fungere (Meland, 2000). Overføring av informasjon er en komplisert prosess i et byggeprosjekt. Deltakerne har ofte konkurrerende mål og forskjellige behov, og kommunikasjonsveiene er mange og kompliserte. Dainty et. al (2006) trekker frem generelle utfordringer knyttet til kommunikasjon i byggeprosjekter:

- Kommunikasjon involverer vanligvis overføring av informasjon. Informasjon er ofte et mer generelt begrep som brukes om f.eks. kunnskap, prosessert data, ferdigheter og teknologi. I byggeprosjekter vil informasjon være mangfoldig på grunn av det store antallet involverte parter i et byggeprosjekt.
- Vellykket kommunikasjon er en sosial ferdighet som involverer effektiv interaksjon mellom mennesker. Bygging er en industri som krever mye arbeidskraft, og dermed vil også sosial aktivitet som krever kommunikasjon mellom mange forskjellige individer være nødvendig.

- Kommunikasjon mellom mennesker vil vanligvis involvere overføring av fakta, følelser, verdier og meninger. Derfor vil mellommenneskelig kommunikasjon bli ansett å være subjektiv og verdiladet. Et byggeprosjekt er ingen eksakt vitenskap og krever dermed en subjektiv fortolkning av de som deltar.
- Kommunikasjon skjer ikke bare mellom individer, men også mellom grupper og organisasjoner. Bygging er i utgangspunktet en gruppeaktivitet, som involverer sammenfallende involvering fra flere spesialister/rådgivere, for å klare å levere i henhold til målene.

Kommunikasjon kan sees som en transaksjon hvor noe er utvekslet mellom de involverte partene. En byggeprosess kan sees som en serie transaksjoner mellom de forskjellige involverte parter. Å gjøre disse transaksjonene enklere har lenge vært ansett som nøkkelen til forbedring av produktivitet i byggebransjen.

Ifølge Emmett (2007) kan kommunikasjonen i et byggeprosjekt deles inn i synkron og asynkron kommunikasjon:

- **Synkron kommunikasjon** er kommunikasjon som foregår samtidig mellom to parter. Eksempler er ansikt-til-ansikt, møter, telefon eller videokonferanse. Kommunikasjonen foregår ofte i muntlig form, og gir mulighet for rask tilbakemelding og oppfølgingsspørsmål. Synkron kommunikasjon har lav latens, og er derfor ofte definert som en rik kommunikasjonskanal.
- **Asynkron kommunikasjon** er kommunikasjon som ikke foregår samtidig. Meldinger sendes og kan besvares senere. Denne kommunikasjonen foregår ofte i skriftlig form, og kan sendes via epost, samhandlingsplattformer på nett, brev og lignende. Her får både mottaker og sender bedre tid til å formulere seg og tenke over hva budskapet skal være. Asynkron kommunikasjon har ofte en høyere latens enn synkron kommunikasjon.

For å kunne håndtere kommunikasjon og informasjon i et byggeprosjekt er det viktig å etablere gode og effektive kommunikasjonskanaler, både formelle og uformelle. Det er viktig at de legger til rette for rask og klar tilbakemelding. Dainty et.al. (2006) legger kommunikasjonsprosessmodellen til Kaufmann og Kaufmann (2003) til grunn, og viser til fire faktorer som avgjør kommunikasjonseffektiviteten i et byggeprosjekt:

- Effektiviteten av hvordan informasjon er kodet og deretter overført gjennom kommunikasjonsystemer, kanaler og nettverk.
- Hvor egnet den brukte kommunikasjonskanalen er.
- Hvordan mottakeren av informasjonen tolker budskapet, og hvilke handlinger det fører til.
- Evnen til å redusere støy som kan vanskeliggjøre prosessen.

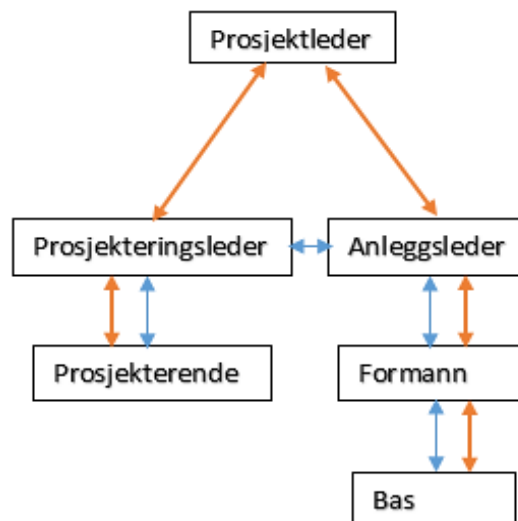
Viktigheten av god kommunikasjon i byggeprosjektet kan ikke overvurderes (Armstrong, 2001). Det er et avgjørende verktøy for å koordinere aktørers og individers mål og resultater, og for å takle endringer i organisasjonen. Det er også et viktig verktøy for å motivere, bygge tillit og å forstå de ansattes behov. Gray & Hughes (2001) beskriver viktigheten av kommunikasjonsflyt i byggeprosjekter:

”Successful collaboration must allow the continual exchange of information and knowledge without any barriers being put in the way. There should be clear lines of authority but no restrictive boundaries so that the communication can flow freely between organizations.”

3.3 KOMMUNIKASJON MELLOM PROSJEKTERING OG PRODUKSJON

Tradisjonelt sett er byggeprosessen delt inn i tre delprosesser; programmering, prosjektering og produksjon. Aktiviteten pågår i skrevet rekkefølge, men er ofte overlappende. I prosjekteringen skal behovene som er beskrevet i programmeringsprosessen overføres til gode løsninger, og det skal utvikles en ferdig modell som kan brukes i produksjonsprosessen. Denne modellen må kommuniseres videre til produksjonsfasen hvor det fysiske byggverket skal bygges.

En byggeplass er organisert gjennom et ledelsessystem i flere nivåer, for eksempel prosjektleder -anleggsleder - formann - bas. Basene er arbeidsledere på lag av faglærte eller ufaglærte arbeidere, og det er ofte mange baser i et byggeprosjekt. Den enkelte har ansvar for sitt lag, som hører til en bestemt faggruppe (tømmer, rør, betong osv.) Basene er ikke ansett som en del av prosjektlederteamet, men ifølge Røsdal og Ørstavik (2011) representerer basen et svært viktig bindeledd mellom folkene i produksjonen (laget) og prosjektledelsen. Basens nærmeste leder er formannen, som kan ha ansvar for mange lag. All formell kommunikasjon mellom prosjekterende og basene går i hovedsak gjennom prosjekteringsleder og prosjektleder eller anleggsleder. Figur 5 illustrerer dette, der de røde og blå pilene viser to mulige veier den formelle kommunikasjonen kan gå mellom bas og prosjekterende.



Figur 5: Ledelsesnivåene i prosjektering og produksjon. Figuren er utarbeidet på bakgrunn av Røsdal og Ørstavik (2011) sitt arbeid.

Røsdal og Ørstavik (2011) mener at arbeidstegninger er en av de aller viktigste informasjonskanalene mellom prosjekterende og utførende. I Prosjekteringen foregår det ofte en lang og komplisert tankeprosess bak beslutningene som tas, og denne prosessen kommer ikke nødvendigvis frem på arbeidstegningene fagarbeiderne skal følge. Tradisjonelt sett brukes en blanding av muntlige kommunikasjonskanaler, i form av møter ansikt-til-ansikt eller på telefon, og skriftlige kommunikasjonskanaler, i form av arbeidstegninger supplert med byggebeskrivelser, for å overføre informasjon

mellom prosjekterende og utførende (Emmit & Ruikar, 2013). Ny teknologi kan føre til at den tradisjonelle oppdelingen av kommunikasjonskanalene blir overflødig. Nettbrett kan brukes som en skriftlig kommunikasjonskanal der all informasjon ligger lett tilgjengelig, og en muntlig kommunikasjonskanal med videosamtaler. Kommunikasjon gjennom nettbrett bygger på kommunikasjonsmodellen til Kaufmann og Kaufmann (2003), og legger med det til rette for en toveis kommunikasjon, der å både motta og å gi informasjon og synspunkter står sentralt.

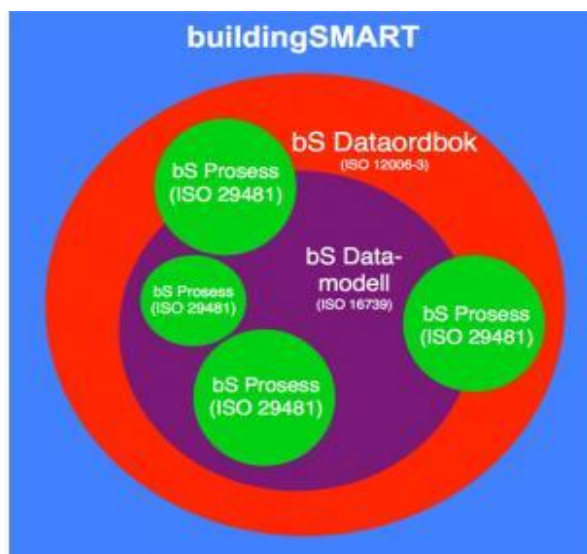
3.4 BIM

Artikkelen beskriver fordeler og ulemper ved å benytte bygningsinformasjonsmodeller (BIM) på nettbrett. Det var opprinnelig planlagt et større fokus på BIM også i teoridelen, men det ble besluttet å ha en bredere tilnærming til bruken av nettbrett og derfor ikke studere en spesiell del nærmere. Definisjonen av BIM er kort forklart i prosessrapporten.

BIM har blitt et etablert begrep i bransjen, men ordet har fortsatt ikke en entydig definisjon. Det brukes ulikt i ulike sammenhenger, og benyttes både for å beskrive et verktøy og en prosess. buildingSMART (2012) definerer BIM som tre ulike, men linkede, funksjoner:

- **Bygningsinformasjonsmodellering** er en prosess for å generere nødvendig bygningsdata for å prosjektere, bygge og drifte en bygning gjennom livssyklusen.
- **Bygningsinformasjonsmodell** er den digitale fremstillingen av de fysiske og funksjonelle egenskapene til bygget. Hvert bygningsobjekt er representert med et tilsvarende digitalt objekt i BIMen.
- **Bygningsinformasjonsstyring** er administrasjon og kontroll av prosessen ved at man benytter informasjonen i den digitale fremstillingen til å påvirke informasjonsflyten over hele livssyklusen.

I denne studien vil definisjonen av BIM som et verktøy bli anvendt. All informasjon som er lagret i bygningsinformasjonsmodellen utveksles mellom prosjektets aktører gjennom et åpent format, kalt IFC (Industry Foundation Classes). IFC sikrer at informasjonen kan leses uavhengig av programvaren aktøren bruker, og at all informasjon og endringer til enhver tid er tilgjengelig for alle involverte i prosjektet. Alle objekter, egenskaper og klassifikasjoner er standardisert med buildingSMART Dataordbok (bSDD). På den måten sikrer bSDD at alle programvarene forstår informasjonen i bygningsmodellen. IFC og bSDD utgjør to av tre elementer i det buildingSMART kaller åpenBIM. Det siste heter buildingSMART prosess, og dette er standardiserte prosessbeskrivelser som definerer ytelsene fra, og grensesnittet mellom fagene i prosjekter. Figuren nedenfor viser de tre elementene som utgjør åpenBIM. Alle elementene følger såkalte ISO (den internasjonale standardiseringsorganisasjonen) standarder.



Figur 6: Tre hovedelementer i åpenBIM (buildingSMART, 2014).

Modellen utarbeides i første omgang av arkitektene, og videreutvikles av de tekniske ingeniørene i prosjekteringsfasen. En ferdig modell med all informasjon som behøves for å utføre byggingen leveres så til entreprenøren.

3.4.1 BIM på nettbrett

Det finnes flere applikasjoner som kompletterer BIM- syklusen ved å gjøre BIM tilgjengelig ute i produksjon. Applikasjonene omformer kompliserte 3D modeller til navigerbare 3D modeller for nettbrett. En BIM inneholder all informasjon om prosjektet, og ved hjelp av disse applikasjonene kan større mengder informasjon lettvis bringes ut i felten. Flere applikasjoner integrerer 2D tegningene med 3D modellen, og støtter deling av informasjon mellom prosjektdeltakere. Videre vil noen av applikasjonene som er forsket på i denne studien utdypes.

Autodesk Navisworks tilbyr sømløs modellgjennomgang og visualisering av alle typer 3D-modeller uansett filformat og størrelse med helt ordinær maskinvare. For generelt innsyn betyr dette at 3Dmodellene frigjøres fra kostbare applikasjoner, dyr maskinvare og at barrierene rundt konkurrerende filformater forsvinner. Autodesk Navisworks koordinerer sanntidsvisualisering for validering, simulering, og analyse av 3Dmodellen.



Figur 7: Logo (Autodesk, 2014).

Solibri Model Checker er et verktøy for visualisering, analyse, kvalitetssikring og effektiv samhandling i BIM-prosjekter. Solibri fokuserer på «åpen BIM» ved at det bruker IFC-formatet som grunnlag. Man kan gjennomføre både kollisjonskontroll og regelsjekker av konflikter, samt brudd på standarder og regler. Solibri Model Viewer

er et gratisverktøy for prosjektdeltagere som ønsker å studere modellene uten at de trenger mer avansert funksjonalitet.



Figur 8: Logo (Solibri, 2014).

Graphisoft BIMx er en profesjonell BIM fremviser. BIMx Hyper-modell har en teknologi for integrert 2D & 3D navigasjon, og med tilgang til nett er prosjektinformasjon tilgjengelig når, og hvor som helst. Programvaren kan for eksempel brukes til å oppsummere produksjonsavvik, for deretter å skaffe seg oversikt over avvikene og få generert rapporter. BIMx er spesielt godt egnet til nettbrett, da den kan ta bilder og koble plassering til en tegning ved hjelp av en kartnål.



Figur 9: Logo (Graphisoft, 2014).

Rendra O streamer store og komplekse BIM modeller rett på et nettbrett. Informasjonen inne i modellen og 2D tegninger fra alle fag kombineres i en integrert løsning. Programvaren inkluderer også et kvalitetssikringssystem, der nettbrettet benyttes til å samle saker og avvik på byggeplassen. Sakene kobles til BIM, og suppleres med bilder og delegering av oppgaver.



Figur 10: Logo (Rendra, 2014).

3.5 INFORMASJONSBEHOV OG MOBIL DATABEHANDLING

Teorien i artikkelen beskriver informasjonsflyt og informasjonsbehov på byggeplassen, og dette er videre utdypet i det følgende. Nourbakhsh et al (2012) studerte informasjonskriteriene til en applikasjon som skal kunne brukes gjennom hele byggefasen. Studien viser at de utførende ønsker spesielt informasjon om progresjon og arbeidsutførelse, i tillegg til sikkerhetsinformasjon. Den viktigste informasjonen var:

- Rapporterte uønskede hendelser
- Fremdriftsinformasjon
- Befarings- og vernerunde rapporter

- Informasjon om endringer i prosjektet
- Oppdaterte tegninger

Studien viser at de prosjekterende vil ha den samme informasjonen som de utførende, men at de i tillegg ønsker et fokus på design og beskrivelser. Nourbakhsh et al (2012) hevder at kriteriene til informasjon på byggeplassen i liten grad påvirkes av de ulike tilnærmingene til informasjonsteknologi og den ulike arbeidskulturen som finnes i forskjellige deler av verden.

Brukervennlighet er en kritisk faktor for at en applikasjon skal kunne brukes på byggeplassen, på grunn av variasjonen i ferdigheter blant brukerne. Det å utvikle et brukervennlig verktøy vi si at det passer inn i de eksisterende arbeidsprosedyrene på byggeplassen istedenfor å forstyrre de (Lofgren og Rebolj, 2007). Arbeiderne krever effektive enheter som er lette å lære og lette å bruke, for å kunne utføre sitt arbeid på en tilfredsstillende måte.

Intensjonen for å innføre informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT) på byggeplassen, har i stor grad vært for å forbedre prosjektkommunikasjon. Det har imidlertid ført til at produksjonsledere og byggeledere opplever at de bruker tid på gale ting. For eksempel, er hele dager noen ganger brukt foran datamaskinen med utarbeidelse av protokoller fra tidligere møter. Dette har resultert i negative effekter på ledelsens tilstedeværelse i produksjonen (Lofgren, 2006).

De fleste av de tilgjengelige prosjektorienterte IKT- verktøyene er ment for formalisert kontorbruk. Disse verktøyene gir beskjeden støtte til det uforutsigbare og mobile miljøet byggearbeidene foregår i. Bedre informasjon- og kommunikasjonsstøtte for kjernevirksomheten på byggeplasser er en strategisk utfordring for å øke effektiviteten og produktiviteten i byggeprosessen (Samuelson, 2003).

3.6 KRITIKK AV LITTERATUREN

Under litteratursøket ble det lagt vekt på å finne relevant litteratur, samt å undersøke hva slags litteratur som ikke fantes eller som det var mangler i. Ambisjonen var å finne et «knowledge gap» eller «kunnskapshull» i litteraturen, slik at teorikapittelet ikke kun ble en presentasjon av nåværende teori, men også en kritikk til teorien og et bevis på at det trengs mer forskning.

Det er gjort mye forskning på hva som er viktig for å opprettholde en effektiv kommunikasjon på byggeplassen, og på hvilke elementer en applikasjon på nettbrettet trenger for at en arbeider kan utføre sitt arbeid på byggeplassen på en best mulig måte. Det er fokus på brukervennlighet og effektivitet av nettbrett og applikasjoner. Dette er viktig kunnskap for å utvikle nyttige applikasjoner og å utvikle teknologien i riktig retning. Det er mye forskning fra utviklere sitt perspektiv, og det vises til potensielle fordeler ved bruk av nettbrett på byggeplassen. Det er derimot mindre forskning på hvordan nettbrett faktisk fungerer i prosjekter og hvordan det oppleves fra brukers perspektiv. Teori henger ikke alltid sammen med virkeligheten, og det er derfor viktig å studere prosjektresultater og prosjektdeltakere som har benyttet nettbrett. Artikkelen handler i stor grad om brukernes oppfatninger av fordeler og ulemper ved bruk av nettbrett, og som beskrevet i kapittel 5: videre arbeid, anbefales det å studere prosjekter for å finne konkrete tall som kan bygge opp under teorien. Dette er også viktig for at nettbrett skal selges inn i en bedrift.

4 UTDYPING AV DISKUSJON OG KONKLUSJON

Det er viktig å understreke at de viktigste funnene og konklusjonen finnes i artikkelen. Det påfølgende kapittelet er kun en utdyping og noe videre diskusjon av artikkelens innhold. Det er tatt utgangspunkt i oppdelingen av resultat – og diskusjonskapittelet i artikkelen.

Teorien, basert på Chen and Kamara (2008), deler applikasjoner til mobil og nettbrett inn i tre overordnede kategorier. I denne studien er det, som beskrevet i artikkelen, avdekket ni bruksområder for nettbrett. De fleste av disse ni bruksområdene kan plasseres under en av de tre overordnede kategoriene, men de kan suppleres med en kategori som omhandler direkte kommunikasjon fra byggeplassen. Tabell 3 viser de ni bruksområdene fordelt over fire kategorier.

Tabell 3: Kategorier og bruksområder for nettbrettapplikasjoner.

Overordnet kategori	Bruksområde
CAD applikasjoner for samhandling med tegninger på byggeplassen.	1. Tilgang til PDF/DWG filer og BIM overalt. 2. Innhente direkte målinger fra tegninger og BIM overalt.
Dataregistreringsapplikasjoner for å håndtere informasjon på byggeplassen.	3. Dokumentering av arbeid på byggeplassen. 4. Kvalitetssikring og befaringer.
Prosjektleder applikasjoner for overvåking og kontroll på byggeplassen.	5. Delegering og overvåking av ansvarsfordeling og oppgaver. 6. Måling og overvåking av prosjektfremdriften. 7. Forvaltning, drift og vedlikehold.
Applikasjoner for kommunikasjon på byggeplassen.	8. Direkte kommunikasjon gjennom videosamtaler mellom byggeplassen og kontoret. 9. Kommunikasjon for avklaringer og forespørsler mellom prosjekterende og utførende.

4.1 STYRKER

Styrkene og utfordringene er presentert i tilfeldig rekkefølge, og ikke etter viktighet eller andre faktorer. Det kommer likevel frem av intervjuene at noen styrker er viktigere enn andre. Den viktigste styrken er, ifølge intervjuobjektene, at nettbrett fjerner risikoen for å bygge feil på grunn av utdaterte tegninger. Teorien beskriver at en stor del av sløsing i prosjekter kommer av at arbeid må gjøres på nytt, på grunn av ufullstendig eller feil informasjon. Et intervjuobjekt forklarte at uansett hvor påpasselig de var med å kaste alle gamle tegninger og printe ut nye, var det alltid noen som klarte å finne en gammel tegning og bygge etter den. Å fjerne denne risikoen vil derfor føre til en reduksjon av sløsing i prosjektet.

Det er nevnt i artikkelen at når nettbrett endrer kommunikasjonsveiene på byggeplassen, er det viktig at kommunikasjonen er synlig for alle i prosjektet. Figur 3

i prosessrapporten illustrerer hvordan de formelle kommunikasjonsveiene går i et prosjekt. Disse veiene vil, som beskrevet i artikkelen endres fordi nettbrett åpner opp for en mer direkte kommunikasjon mellom bas og prosjekterende. Denne kommunikasjonen må være synlig for alle, da det er viktig for en prosjektleder å ha oversikt over all kommunikasjon som skjer mellom de utførende og de prosjekterende. Hvis endringer derimot skjer «over hodet» på prosjektlederen, kan det føre til uklare ansvarsforhold og gjøre det vanskeligere for de øvrige lederne å styre prosjektet. Dette er et eksempel på at en mulig styrke i en situasjon kan være en utfordring i en annen situasjon.

4.2 UTFORDRINGER

Den største utfordringen ved innføring av nettbrett er, som beskrevet i artikkelen, forholdet mellom kostnad og nytte. Økte kostnader uten noen bevist nytte er vanskelig å forsvare. Beslutninger som fører til økte kostnader må ofte tas et hakk høyere opp i hierarkiet for å få en godkjenning. Dette øker terskelen, og det er flere som må involveres i en beslutningsprosess.

Det er en utfordring at BIM ofte inneholder feil, og at arbeiderne har vanskeligheter med å stole på modellen. Dette kan være et resultat av at innføringen av BIM i prosjekteringen fortsatt er forholdsvis nytt. Statsbygg og Statens Vegvesen har innført et krav til bruk av BIM i prosjekteringsfasen, men det har hittil ofte vært en formalitet å lage en modell i BIM ved siden av den «virkelige» modellen, som er tegnet og beregnet på tradisjonelle metoder. Dette skjer på grunn av mangel på erfaring og kunnskap om programmene, og mangel på vilje til å endre arbeidsmetoder. Når BIM kommer ut på byggeplassen, stilles det høyere krav til detaljer og korrekthet i modellen. Dette kan føre til et ekstra press på utførelsen av BIM, og kan derfor tvinge de prosjekterende til å endre arbeidsmetoder. Utfordringen kan på den måten overføres til en styrke i prosjekteringsfasen.

4.3 TILTAK

En utfordring ved innføring av nettbrett er at håndverkere på byggeplassen har liten motivasjon til å lære noe nytt, og til å endre arbeidsmetoder. Et tiltak for å endre dette er, som presentert i artikkelen, å gi tilstrekkelig informasjon og veiledning ved innføring av nettbrett. Det er også mulig å involvere håndverkerne i beslutningene som tas i en startfase. Mange håndverkere føler at noe slikt ikke angår dem, og at det er bare lederne som skal benytte nettbrettet. Erfaring fra intervjuobjektene tilsier derimot at dersom håndverkerne blir involvert og får prøve ut nettbrett fra starten av, vil selvfølelsen øke og dermed også motivasjonen. Det er forskjell mellom unge håndverkere og eldre, mer erfarne håndverkere på hvor raskt de tilegner seg ny kunnskap. Det vil derfor ofte kreve mer veiledning for at en 60 åring skal lære seg programmene, enn for en ung håndverker som er vokst opp med data og nettbrett.

Et tiltak som er presentert i artikkelen er å installere trådløst nett på byggeplassen. Dette vil direkte redusere utfordringen ved at nettbrett er avhengig av nett, og indirekte forsterke styrker som tilgang til oppdatert informasjon, raskere beslutningsprosesser ute i felten og reduksjon av unødvendige turer frem og tilbake mellom kontor og byggeplass. Trådløst nett vil passe for de som jobber på kun én byggeplass, men for de som forflytter seg mellom forskjellig byggeplasser vil det være nødvendig med tilgang til 3G eller 4G på nettbrettet i tillegg.

De tiltak som er presentert i artikkelen er i stor grad praktiske tiltak som kan forsterke en styrke eller redusere en utfordring. Et generelt tiltak for å forbedre nettbrett vil være å forske videre på hvordan applikasjoner og nettbrett kan utvikles for å gjøres enda mer effektiv, og for å redusere kostnadene.

4.4 KONKLUSJON

En styrke ved et alternativ vil alltid være en svakhet, eller en utfordring, ved et annet alternativ. Det er derfor viktig å veie styrkene og utfordringene mot hverandre når en beslutning skal tas. De avdekkede utfordringene ved nettbrett vil ved videre utvikling kunne reduseres eller elimineres, blant annet ved innføring av tiltakene som er presentert i artikkelen. Svakheter ved å ikke bruke nettbrett, kan imidlertid ikke reduseres uten å innføre nettbrett. Det er derfor gjort en konklusjon i artikkelen om at innføring av nettbrett vil forbedre informasjonshåndteringen i byggeprosjekter. Dette vil være med et forbehold om at nettbrett brukes riktig, og i flere faser av byggeprosessen. Styrkene ved bruk av nettbrett vil føre til en økt effektivitet som igjen vil føre til reduserte projektkostnader. Styrkene vil derimot gi lite utslag dersom det kun er en i prosjektet som bruker nettbrett, eller om det kun brukes i en fase. Samtidig vil det være naturlig at bedrifter starter i det små og prøver ut nettbrett kun i deler av prosjekter. En mulighet kan være å ha en overgang med bruk av nettbrett som et supplement til papirdokumenter, eller at kun prosjektlederen anvender det. Bruken bør derimot utvides så langt som mulig for å kunne bevise effekten av nettbrett i prosjektet, i form av tid eller penger.

5.0 VIDERE ARBEID

For å kunne gi mer konkrete resultater basert på tall som beskriver fordelene ved bruk av nettbrett, vil det som beskrevet i artikkelen være ønskelig at det utføres eksperimenter og pilot prosjekter. Ved vanlige prosjekter er det sjeldent at tall som antall feil på grunn av utdatert dokumentasjon foreligger, og det er derfor vanskelig å finne slike direkte målinger uten å gå inn for det fra starten av et prosjekt. For å kunne sammenligne er det optimalt med direkte målinger på flere prosjekter av lik størrelse der halvparten er prosjekter som har benyttet nettbrett og halvparten ikke har benyttet det. Da er det også mulig å utføre en kostnad-nytte-analyse. Dette er en økonomisk analyseteknikk for vurdering av den økonomiske lønnsomheten av et prosjekt (Sassone and Schaffer, 1978). I en kostnad-nytte-analyse er nytte og kostnader uttrykt i kroner og øre og justert for tidsverdien av penger. Slik vil alle strømmer av fordeler og strømmer av prosjektkostnadene (som pleier å skje på ulike tidspunkter) over tid være uttrykt på et felles grunnlag i form av deres "netto nåverdi." En annen mulighet er å regne på hvor mange prosent mer effektivt et prosjekt må være (grunnet nettbrett) for at investeringen skal gi positiv avkastning.

Gjennom denne studien er det utledet hypoteser som ved videre arbeid kan testes gjennom eksperimenter for å luke bort feilaktige antagelser og komme et skritt nærmere sannheten. For å kunne generalisere resultatene til studien, vil det være av betydning å se på forskjellig type byggeprosjekter, samt å utvide horisonten utover Norge. Kvantitativ forskning er også i større grad generaliserbar enn kvalitativ forskning.

REFERANSER

- Angeltveit, R., Evjen, P. J. & Haugen, R., 2006. *Coaching, utvikling og ledelse*. Oslo: Akilles.
- Armstrong, M., 2001. *A handbook of Human Resource Management Practice*. London: Kogan Page.
- Autodesk, 2014. (Online) Available at: <http://www.autodesk.no/products/navisworks/overview> (Accessed 20.11.2014)
- BuildingSMART. 2011. Skoleeksempel på BIM på byggeplass. (Online) Available at: <http://www.buildingsmart.no/nyhetsbrev/2011-01/skoleeksempel-pa-bim-pa-byggeplass> (Accessed 02.02.2015)
- BuildingSMART, 2012. The BIM Evolution Continues with OPEN BIM. (Online) http://www.buildingsmart.org/organization/OPEN%20BIM%20ExCom%20Agreed%20Description%2020120131.pdf/at_download/file (Accessed 02.02.2015)
- BuildingSMART, 2014. (Online) Available at: <http://www.buildingsmart.no/hva-er-apenbim> (Accessed 15.11.2014)
- Chen, Y. and Kamara, J.M., 2008. Using mobile computing for construction site information management. *Engineering, construction and architectural management* 15(1) 7-20.
- Dainty, A., Moore, D. & Murray, M., 2006. *Communication in construction: theory and practice*, London: Taylor & Francis
- Dalland, O., (2012). *Metode og oppgaveskriving for studenter*. Oslo: Gyldendal akademisk forlag.
- De nasjonale forskningsetiske komiteene, 2014. Generelle forskningsetiske retningslinjer. (Online) Available at: https://www.etikkom.no/globalassets/documents/publikasjoner-som-pdf/fek_generelle_retningslinjer.pdf. (Accessed 02.02.2015).
- Emmet, S., 2007. *Design management for Architects*. Oxford: Blackwell publ.
- Emmit. S & Ruikar.K., 2013. *Collaborative design management*. London: Routledge.
- Graner, R., 1995. *Personalgruppens psykologi*. Oslo: Tano forlag.
- Graphisoft, 2014. (Online) Available at: <http://www.graphisoft.com/bimx/> (Accessed 16.11.2014)
- Gray. C., Hughes. W., 2001. *Building design management*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Halvorsen, K., 1993. *Å forske på samfunnet – en innføring i samfunnsvitenskapelig metode*, Oslo: Bedriftsøkonomens forlag A/S.
- Hart, C., 2005. *Doing your masters dissertation: realizing your potential as a social scientist*. London: Sage.
- Kaufmann, G., & Kaufmann, A., 2003. *Psykologi i organisasjon og ledelse*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Kvale, S., 1997. *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Ad notam Gyldendal
- Lofgren, A., 2006. *Mobile computing and Project communication – mixing oil and water?*, Licentiate thesis, Stockholm: Royal Institute of Technology.
- Lofgren, A. and Rebolj, D., 2007. Towards mobile lean communication for production management. In: *Proceedings of CIB-W78, Bringing ICT Knowledge to Work, Maribor, Slovenia* 541-548, 27-29 June 2007.

- McQuail, D., & Windahl, S., 1993. *Communication models, for the study of masscommunication*. London: Longman.
- Meland, Ø. 2000. *Prosjekteringsledelse i byggeprosessen: suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko?* Trondheim: NTNU.
- Nourbakhsh, M., Mohamad, R., Irizarry, J., Zolfagharian, S. & Gheisari, M. 2012. Mobile application prototype for on-site information management in construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19, 474-494.
- Olsson, N. 2011. *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Tapir akademisk.
- Olsson, H. & Sørensen, S. (2003) *Forskningsprosessen, kvalitative og kvantitative perspektiver*. Oslo: Gyldendal Akademiske Forlag.
- Rendra, 2014. (Online) Available at: <https://www.rendra.no/> (Accessed: 16.11.2014)
- Ringdal, K., 2001. *Enhet og mangfold: samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode*. Bergen: Fagbokforlag.
- Robinson, D. & Reed, V., 1998. *The A-Z of Social Research Jargon*, Surrey: Ashgate/ARENA.
- Røsdal, T. & Ørstavik F., 2011. *Kommunikasjon i byggeprosjekter*. Trondheim: Nordisk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning(NIFU).
- Samset, K., 2013. Kvalitativ forskning. (Online) Available at: http://www.concept.ntnu.no/attachments/093_04_phdsemanr_Samset_forskningsmetode%20web.pdf (Accessed 20.02.2015)
- Samuelson, O. 2003. IT-användning i byggande och förvaltning. Licentiate thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Sander, K., 2013. *Kommunikasjonsformer og kommunikasjonstyper*, Kunnskapssenteret. (Online) Available at: <http://kunnskapssenteret.com/kommunikasjonsformer-kommunikasjonstyper/>
- Sander, K., 2014. Hva er forskningsdesign, og hvordan velge riktig forskningsdesign? (Online) Available at: <http://kunnskapssenteret.com/hva-erforskningsdesign/> (Accessed 20.02.15) (Accessed 02.02.2015)
- Shannon, Claude E. & Warren Weaver (1949): *A Mathematical Model of Communication*. Urbana, IL: University of Illinois Press
- Sassone, P.G. & Shaffer, W. A., (1978), *Cost-benefit analyses: A handbook*. New York: Academic Press
- Solibri, 2014. (Online) Available at: <http://www.solibri.com/products/solibri-model-checker/> (Accessed 16.11.2015)
- Thagaard, Tove. 2010. *Systematikk og innlevelse - En innføring i kvalitativ metode, 4. utgave*. Bergen: Fagbokforlaget.
- VIKO, 2010. *Kildekritikk*. (Online) Available at: <http://www.ntnu.no/viko/kildekritikk> (Accessed 03.03.2015)
- West, R. & Turner, L. H., 2014. *Introducing communication theory: analysis and application*, New York: McGraw-Hill Education.
- Yin, R. K., 2003. *Case study research: Design and methods*. London: Sage Public.

DEL 2:

VITENSKAPELIG ARTIKKEL

HOW TABLETS CAN IMPROVE COMMUNICATION IN CONSTRUCTION PROJECTS

Erle Harstad², Ola Lædre³, Fredrik Svalestuen⁴, Nawras Skhmot⁵

ABSTRACT

Lack of adequate communication tools can cause information losses in construction projects. The most efficient way for construction personnel to manage information on sites is to retrieve information at the point where they are and at the time when they need it. This has been difficult to achieve as information management normally involves paper-based documents. However, the rapid development of mobile information and communication technologies are offering new possibilities for portability and access to information at the construction sites.

This paper aims at exploring the effect tablets have on communication in construction projects, through a literature study, a document study, and an exploratory study with interviews of different key stakeholders in the architecture, engineering and construction (AEC) industry. The result of this study shows that tablets can enrich the communication between design and construction practitioners, and help reduce waste such as unnecessary transportation and rework caused by errors due to old, wrong and irrelevant drawings. However, tablets also entail initial costs of training and equipment, and is highly dependent on internet accessibility. This study can help AEC practitioners and academics to understand the strengths/challenges of using tablets as a communication tool at the construction site.

KEYWORDS

Lean construction, Waste, Flow, Tablets, Communication

INTRODUCTION

The construction industry is entirely reliant upon efficient communication between individuals, teams and organizations (Dainty, Moore and Murray, 2006). Due to its specific characteristics, the industry forms a complex communication environment. Furthermore, with the current imperative to improve industry performance by designing and constructing faster, many processes that are reliant upon efficient communication occur concurrently. Dainty, Moore and Murray (2006) state that this increases the probability of problems occurring in the transmission and reception of vital information to the construction effort.

² M.Sc., Dept. of Civil and Transport Engineering, NTNU – Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, +47 950 11 205, erlebjol@stud.ntnu.no

³ Associate Professor, Dept. of Civil and Transport Engineering, NTNU – Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, +47 911 89 938, ola.ladre@ntnu.no

⁴ Ph.D. Candidate, Dept. of Civil and Transport Engineering, NTNU/Veidekke Entreprenør AS, Norway, +47 986 73 172, fredrik.svalestuen@ntnu.no

⁵ Project Engineer, Veidekke Entreprenør AS, Norway, +47 414 09 992, nawskh@blockberge.no

According to Blokpoel (2003), lack of adequate communication tools is considered to be one of the most important factors for information losses in traditional construction projects. Information losses often result in errors due to old, wrong or irrelevant documents (Blokpoel, 2003). Further, this leads to iterations. Iterations in the construction phase is usually called rework and is clearly a type of waste to be avoided. According to Ballard (2000), completing assigned tasks is a central principle of lean construction, both for the reduction in waste involved in making multiple visits to the same work location and for increasing plan reliability. This has further positive impact on efficiency.

An efficient production management system also relies on accurate and timely information availability. According to Koskela (1999), one of the 7 preconditions in the Last Planner process of production planning is that sufficient and correct plans, drafts, and specifications have to be present. The research of Lindhard and Wandal (2012) shows that one of the reasons for non-ready work assignments are outdated drawings. Lack of access to accurate construction information in the site meetings, or when controlling activities out in the field, will increase the share of non-value adding activities.

The most efficient way for construction personnel to manage information on sites is to retrieve or capture information at the point where they are and at the time when they need it (Chen and Kamara, 2008). This has been difficult to achieve with traditional information management methods, which normally involves paper-based documents. Bowden et al (2004) indicates that the main type of information that onsite construction personnel receive and transmit is paper-based. This poses a major constraint for communication on site. However, the rapid development of mobile and wireless communication technologies offers new possibilities for portable information systems and communication tools to construction personnel (Lofgren and Rebolj, 2007). The use of mobile devices, like tablets, has entered the construction sites in large parts of the world. However, implementation of tablets requires resources and reorganizing.

This paper aims at exploring the effect tablets have on communication in construction projects, and to present strengths and challenges with the use of tablets as a communication tool at the construction site. The main questions addressed in this paper are:

- How can tablets contribute to communication between design and construction practitioners?
- What are the strengths and challenges of using tablets to communicate between design and construction practitioners?
- What initiatives can lead to tablets providing better communication between design and construction practitioners?

RESEARCH METHODOLOGY

The research includes a literature review, a study of internal documents and in depth interviews with different stakeholders in the AEC industry. These methods were conducted in order to obtain an overview of previously written literature on the topics and then study the issue deeper using internal documents and interviews. The literature review focused on information flow at the construction site, and how the use of mobile computing can enhance the information management between stakeholders during the

construction phase. The approach was to search for keywords in research databases and library databases. Literature are also found in reference lists of articles. The study primarily aimed towards academic journals, conference papers and books found at the university library. The study of internal documents aimed at documents from Veidekke Entreprenør AS, a contractor company in Norway. These documents concern the currently available applications for tablets available in today's market.

Nine semi-structured interviews with both design and construction personnel were conducted. The respondents were mainly project managers and foremen from contractors and design consultants working close to the construction site. A representative from an application developer was interviewed in order to reveal new aspects of interest. There are limited projects that utilize tablet potential to the fullest. Therefore, it was necessary to go to three different construction companies to gain experience in several areas.

THEORETICAL FRAMEWORK

INFORMATION FLOW AT THE CONSTRUCTION SITE

A study carried out by Tenah (1986) shows that a manager or supervisor cannot perform his or her functions efficiently without accurate, timely and relevant information on which to base decisions. The flow of information significantly affects all other resource flows, and is therefore important to manage from a lean perspective (Dave, Boddy and Koskela, 2010; Sacks, Radosavljevic and Barak, 2010).

Waste in construction includes delays, quality costs, rework, unnecessary transportation trips, long distances, improper choice of management, methods or equipment, and poor constructability (Alarcon, 1997; Koskela, 1992). Studies show that waste often occur due to poor information management. The research of Love and Li (2000) demonstrates that during construction, rework arises out of incomplete and incorrect information. Their work indicates that rework results in inactivity and inefficient work in several activities at the construction site.

To solve a site problem, production management personnel have to run back and forth between the construction site and their computers inside the site office. According to Lofgren (2007), documentation of building activities, production meetings and various inspections often have to be carried out twice; once when they are actually occurring and then again in a computer document. This leads to inefficient use of managerial resources due to unnecessary transportation, and a production management team that is occupied with their computers a large part of their working hours. Samuelson (2003) claims that the fact that the information needs and communication behaviours at the construction sites are not adequately met, explains the low productivity figures in the construction industry.

According to Lofgren (2007), the quantity of information that is passed to the construction site can be overwhelming, and it often generates poor quality of information in the field. As a result, construction personnel are forced to deal with slow problem solution and construction rework.

Tenah (1986) stated that the information needs of each project team member are linked to their management responsibilities. He divided the construction personnel into five levels, each with different management responsibilities and information needs. The functional management level at the site includes field engineers, the general

superintendent, the superintendent and the foreman. The major responsibilities of the managers and supervisors at this level are to organize, supervise and coordinate personnel, equipment, materials and services. The information needs of the foreman consist of drawings, specifications, contract documents, local union activities, safety regulations labour agreements, quality control, progress and field performance reports.

MOBILE COMPUTING AND CONSTRUCTION INFORMATION MANAGEMENT

The rapid development of wireless networks and mobile computing have now enabled new possibilities of portability and on-demand access of information systems and communication tools that the production organization is requesting.

According to Rebolj and Menzel (2004) the concept of mobile computing consists of three components: computers, networks and mobile applications. Computers include laptops, tablets, mobile phones, and wearable computers. Networks include all types of wireless network and satellite networks. Mobile applications are the key factor that responds to specific characteristics of mobile computing and wireless networks and support users' work process by enhancing the efficiency in information communication. Based on Chen and Kamara (2008), there are three types of mobile applications that are used in the construction industry.

- Mobile CAD applications for interacting with drawings at the construction site
- Data capture applications for managing on-site information
- Project management applications for monitoring and controlling the construction process at the construction site.

Lofgren and Rebolj (2007) studied two tablet computer pilot projects initiated in 2005. The projects focused on the management of drawings and specifications used on the construction site from user's perspective. There are, to the author's knowledge, few published studies on use of tablets at construction sites from user's perspective since 2006. The use of tablets and the range of application areas have increased sharply the last 10 years. It is therefore of importance to continue to study the field, to ensure that the development is going in the right direction.

COMMUNICATION WITH TABLETS

Figure 1 illustrates the richness and effectiveness of communication channels.

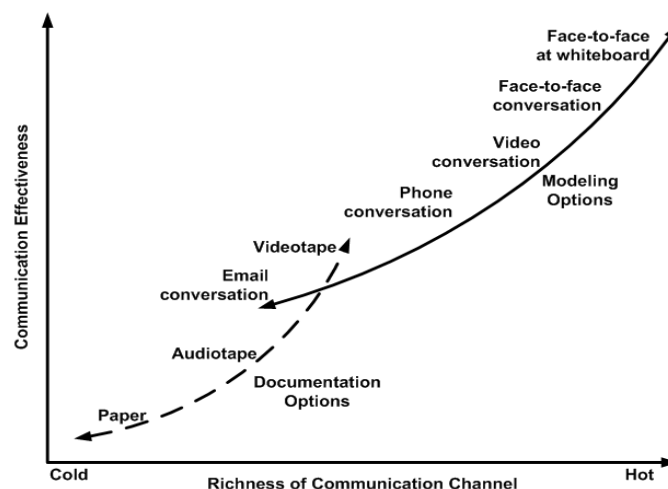


Figure 11: Richness of communication channels (Ambler, 2002).

The figure shows that a rich communication channel is the most effective one. Non-verbal communication, artifacts and latency are important factors affecting the richness of the communication channels. Whiteboards provides the ability to draw and illustrate while talking, and a face-to-face conversation with a whiteboard is therefore high on the scale. A tablet can provide the same ability, while also adding an extra dimension in the form of 3D models. A tablet can therefore provide a rich and effective communication, and it is possible to take it in the field. Conversations through tablet can also take place using email, live chat and video chat without the need to be collocated.

FINDINGS AND DISCUSSIONS

Tablets are used by people with typical control responsibilities, like project managers, construction managers, superintendents and foremen. Design consultants and client representatives also use them. The majority of the respondents primarily use tablets as a tool to obtain information in design meetings, cite meetings and out in the field. However, there is a number of other applications related to the use of tablets. Based on interviews and internal documents, it is discovered nine different areas of application:

- Access to blueprints in portable document format (PDF)/drawings (DWG) fileformat and building information models (BIM) everywhere
- Delegating and monitoring of tasks and responsibilities
- Measurement and monitoring of the progress
- Documentation work on site
- Quality assurance work and safety inspections
- Obtaining direct measurements from the blueprints and BIM on site.
- Communication and request for information (RFI) between design consultants and construction practitioners
- Live communication through video chat between site and office
- Operation and maintenance management

STRENGTHS OF USING TABLETS

Tablets provide an easy access to up-to-date PDF/DWG drawings and BIM at meetings, in the office and out in the field. This reduce the risk of errors and rework due to old drawings. It is less time consuming to obtain necessary information like heights and measurements in the field through drawings and BIM at the tablet, instead of walking back to the site office and search through stacks of paper to find the required information in the office. Tablets also provide access to information about the progression of tasks and distribution of responsibilities. Much time is spent on delegate, follow up and ensure that things have been done. Through tablets, the workers at the site will receive personal tasks and responsibilities which they mark as finished when the task is done. This is an easy way to keep track of the progress of the project and reduce time spent on monitoring tasks and responsibilities.

A tablet contains hundreds of drawings and is easy to carry around compared to stacks of paper. It also reduces the stacks of paper stored at the site office, and time spent on printing and distributing hundreds of drawings. A reduction of paper consumption will also provide environmental gains. Large and heavy laptops have been

used on construction sites to access the BIM out in the field. These laptops are dependent on a mouse to navigate in the model, which reduce the mobility of the user even more. Tablets are small, light and it is easy to navigate without using a mouse.

When tablets are used at site meetings, they provide easy access to a huge amount of up-to-date information and lead to faster decision making. Another strength is that tablets provide easy access to email and the ability to share screenshots of drawings in real-time at the construction site. The camera function also allows for taking photos of issues in the field for instantly sharing with a supervisor or consultant. An interviewee was especially pleased with that ability: *“Before, when I called the consultants, it took me five minutes just to explain where the problem was. Now I can take a picture, link it to a specific drawing and send it to the consultants, before calling him up. So much easier.”* This enables faster decision-making processes, and facilitates decision making in the field.

With a BIM application it is possible to combine 2D drawings and 3D models. This is of great value. Through 3D models, it is possible to see a realistic environment with how things are connected, and then study details with 2D drawings. This increases the understanding of what to build.

By use of tablets, less time is spent on routine and administrative work. In quality assurance work and safety inspections tablets particularly facilitates preparations and complementary work. Based on interviews, it is created a table to compare a traditional process to a process using tablets.

Table 1: Traditional vs. tablet process of safety inspections.

Where	Traditional process	Tablet process
Site office	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gather updated list of documents and plans 2. Find current lists of issue 3. Print documents and lists 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sync the software and get all updated documents and lists of issues on the tablet
Field	<ol style="list-style-type: none"> 4. Mark issues one-by-one on the paper plan 5. Take photos 6. Handwrite notes on paper 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Create multiple issues 3. Make notes on the tablet 4. Attach photos directly to the issue
Site office	<ol style="list-style-type: none"> 7. Scan the marked up plan 8. Type field notes into the computer 9. Paste digital photos 10. Manually pull together all lists 11. Print or email report for others 	<ol style="list-style-type: none"> 5. Sync the software to pull together all lists 6. Print or email report

As exemplified above, use of tablets simplifies the documentation process. This leads to a higher quality of the documentation, due to a standardization of the process. All communication through tablets is traceable and it is therefore easy to prove that things have been done in a transparent way.

When a worker in the field has a request for information, the traditional process is to walk to the site office, mark the problem area at the paper drawing, scan the drawing, send an email to the consultant, and walk back. According to internal documents from the contractor Veidekke, this process takes in average 20 minutes. Using a tablet, the worker can mark the problem area directly on the tablet and send the email, without leaving the workplace. New revisions of the drawings can also be received directly in

the field instead of walking back to the site office and printing out new copies. Hence, tablets reduce the amount of unnecessary movements. Another strength is that tablets provide an easier access to direct communication between foremen and design consultants, as the exchange of the information don't have to go through the construction manager or the project manager. This provides a more efficient line of communication. It is however very important that such communication is visible to the supervisors.

CHALLENGES OF USING TABLETS

It is a challenge to defend the cost / benefit ratio of the tablets in the initial introduction. This is because it may take years before documented benefits exceeds the cons, as there are many complex connections to take into consideration. In addition to the cost of the tablets, BIM applications also incur costs. It is a spread in how user-friendly the applications are, and they often require guidance and training in the initial phase. In the initial introduction, it is also a challenge that experienced craftsmen have poor motivation to learn a new tool and change the way they work. In addition to the challenge of learning a new tool, some craftsmen get the feeling that the BIM is only developed for design purposes. It is often incomplete and not usable at the construction site. An interviewee explained that many craftsmen also find it difficult to trust the correctness of measurements in the BIM.: *“Objects where often placed a few cm wrong, and it is a lot harder to spot these small errors in a 3D model, than in 2D drawings. When this happen several times, you find it hard to trust the BIM.”*

It is necessary to have network access to synchronize the tablets. Without network in the field, the craftsmen have to walk back to the site office to update the drawings and send emails. This can be a challenge on construction sites outside the city and in basements below ground, where there is usually limited access to 3G or 4G.

The tablets are easy to carry around, but they are also easy to lose or misplace. Without a secure password or a remote erase program, this can lead to reduced data security and that outsiders can get access to sensitive project information.

Tablets works poorly when there is precipitation or dust. Without protection, the tablet is therefore difficult to use during the concrete work and before the building is tight, because of weather, concrete dust and moisture.

Some applications often support only one operating system. This is a challenge when stakeholders often have deals and agreements with different operation systems, which can prevent them from using the system required.

Table 2: Strengths and challenges.

Strengths	Challenges
Easy access to information	Cost/benefit ratio
Reduce the risk of errors due to old drawings	Poor motivation amongst craftsmen
Less printing and distributing drawings	Poor usability of the BIM
Environmental gains	Lack of trust in the BIM
Easy to carry around	Dependent on network
Reduce time on monitoring and reporting	Reduced data security
Increases the understanding of what to build	Vulnerable to moisture and dust
Faster decision-making processes	Lack of support of operating systems
Improved documentation and reports	
Reducing unnecessary movements	
Creates a new line of communication	

INITIATIVES WHICH CAN LEAD TO A BETTER UTILIZATION OF TABLETS

Several initiatives can reinforce the benefits and reduce the challenges of using tablets as a mean to communicate between design and construction practitioners.

To be able to defend the cost/benefit ratio in the initial introduction, it is important to promote success stories. Ambassadors should show the construction industry what potential benefits the initial costs can provide. It is also possible to start with a small scale pilot project to test the effect, and spread experiences to the rest of the company once the benefits are proven. Some craftsmen have poor motivation to learn new tools and change the way they work, and it is important to change their attitude. This can be handled by involving craftsmen in decisions during the initial introduction. It is also important to give sufficient guidance and training in this phase to enhance their confidence in using tablets. The BIM should be more trustworthy and useful in the field. This requires that the BIM is modelled for its purpose, and that the right level of detail, constructability and usability of the model is assessed. This may increase the craftsmen's trust in the model.

The applications should support all operating systems, to make sure that all stakeholders can use it. There should also be several functions integrated into one application, to enhance the efficiency of the tablets and reduce the number of applications. Having only a single platform will reduce time spent on looking for information, and improve the construction information management

To meet the dependency of network at the site, it is suggested to install a dedicated network at the construction site. This will guarantee access to up-to-date information throughout the site without having to walk to the office to synchronize the tablet. It is also possible to reduce the dependency of network at the site with an offline mode in the applications. This allows for obtaining information without access to network. However, this will not be up-to-date information.

There should be used waterproof tablets or protection against moist, sand, vibrations and concrete dust to reduce the chance of tablets being destroyed due to precipitation or moisture at the construction site. This will increase the possibility of using the tablet throughout the construction phase, including the concrete period. When a tablet is misplaced or stolen, there should be a routine to remote erase all content on the tablet. This is to prevent outsiders from gaining access to sensitive information.

Table 3: Initiatives.

Initiatives which can lead to a better utilization of tablets
Promote success stories
Pilot projects
Guidance and training
Assess usability throughout the development of BIM
Install network at the construction site
Offline mode
Remote erase routine
Several functions integrated in one application
Develop applications which support all operating systems
Waterproof tablets and other protection

CONCLUSION

This study can potentially give practitioners and researchers new knowledge of the strengths/challenges of using tablets on a construction site. Initiatives to reinforce the strengths and reduce the challenges have also been proposed. These initiatives require cooperation between designers, construction practitioners and system developers. Installation of a dedicated network at construction sites outside the city is an important initiative because many of the features are entirely dependent on updated information. However, this leads to higher costs and can be especially difficult on major road constructions where the site covers several kilometres. Guidance and training to enhance craftsmen's confidence in using tablets will also incur costs. It is therefore crucial to have ambassadors promoting success stories, and show the construction industry what potential benefits these initial costs can provide. In order to exploit the benefits BIM can bring to the construction site, it is important to assess usability and constructability throughout the development of the model. Tables 4 and 5 sum up what initiatives that can reinforce the strengths and what initiatives can reduce challenges of using tablets.

Table 4: Strengths and initiatives to reinforce them (not prioritized).

Strengths	Initiatives to reinforce the strengths
Easy access to information	Install network, offline mode, several functions integrated into one application
Reduce errors due to old drawings	Install network to ensure updated information
Less printing and distributing paper	
Environmental gains	
Easy to carry around	Waterproof tablets and other protection
Reduce time spent on monitoring tasks	Several functions in the applications
Increases the understanding	Assess usability in the development of BIM
Faster decision-making processes	Install network at the construction site
Reduce time spent on reporting	Several functions in the applications
Improves documentation and reports	
Reduce unnecessary movements	Install network at the construction site
Creates a new line of communication	

Table 5: Challenges and initiatives to reduce them (not prioritized).

Challenges	Initiatives to reduce the challenges
Cost/benefit ratio	Promoting success stories, pilot projects
Poor motivation amongst craftsmen	Guidance and training
Poor usability of the BIM	Assess usability in the development of BIM
Lack of trust in the BIM	Assess usability in the development of BIM
Dependent on network	Install network, offline mode
Reduce data security	Remote erase routine
Vulnerable to moisture and dust	Waterproof tablets and other protection
Applications does not support all operating systems	Extend the application's support for all operating systems

To conclude, it can be said that application of tablets will improve information management in construction projects. At the same time, the proposed initiatives will help to improve the benefit/cost ratio of an initial introduction of tablets. The research is based on a limited number of respondents and it is conducted in a Norwegian context. This may not make the results 100 % applicable to all projects. In the future

there should be conducted experiments to get a more systematic view of the net benefits of using tablets. A cost benefit analysis of tablets compared to a manual approach should also be conducted.

REFERENCES

- Alarcon, L.F. 1997. Modeling waste and performance in construction. *Lean construction* 51-66.
- Ambler, S. 2002. Validating agile models. *Cutter IT Journal* 15(8) 33-39.
- Ballard, G. 2000. Positive vs negative iteration in design. In: *Proceedings of IGLC 8*, Brighton, UK, 17-19 July, 2000.
- Blokpoel, S. 2003. *Cooperation and product modelling systems - The application of Product Modelling Systems in the Building Process*, Research report 2003:17, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden.
- Bowden, S., Dorr, A., Thorpe, A. and Anumba, C. 2004. Mapping site processes for the introduction of mobile IT. *ECPPM*.
- Chen, Y. and Kamara, J.M. 2008. Using mobile computing for construction site information management. *Engineering, construction and architectural management* 15(1) 7-20.
- Dainty, A., Moore, D. and Murray, M. 2006. *Communication in construction: theory and practice*. London: Taylor & Francis.
- Dave, B., Boddy, S. and Koskela, L. 2010. Improving information flow within the production management system with web services. In: *Proceedings of IGLC 18*, National Building Research Institute, Technion-Israel Institute of Technology, 14-16 July 2010.
- Koskela, L. 1992. *Application of the new production philosophy to construction: Technical Report 72*, CIFE Department of Civil Engineering, Stanford university Stanford, CA.
- Koskela, L. 1999. Management of production in construction: a theoretical view. In: *Proceedings of IGLC 7*, Berkeley, California, USA, 26-28 July 1999.
- Lindhard, S. and Wandahl, S. 2012. Improving the Making Ready Process-Exploring the Preconditions to Work Tasks in Construction. In: *Proceedings of IGLC 20*, San Diego, USA, 18-20 July 2012
- Lofgren, A. and Rebolj, D. 2007. Towards mobile lean communication for production management. In: *Proceedings of CIB-W78, Bringing ICT Knowledge to Work*, Maribor, Slovenia 541-548, 27-29 June 2007.
- Love, P.E. and Li, H. 2000. Quantifying the causes and costs of rework in construction. *Construction Management & Economics* 18(4) 479-490.
- Rebolj, D. and Menzel, K. 2004. Mobile computing in construction, *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, Vol. 9, 281-3
- Sacks, R., Radosavljevic, M. and Barak, R. 2010. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. *Automation in construction* 19(5) 641-655.
- Samuelson, O. 2003. IT-användning i byggande och förvaltning. Licentiate thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Tenah, K.A. 1986. Construction personnel role and information needs. *Journal of construction engineering and management* 112(1) 33-48.

DEL 3:
VEDLEGG

VEDLEGG 1: A3 RAPPORT

HOW TABLETS CAN IMPROVE COMMUNICATION IN CONSTRUCTION PROJECTS

Harstad, E., M.Sc., Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway
Lædre O., Associate Professor, Norwegian University of Science and Technology, Norway
Svalestuen F., Ph.D. Candidate, Norwegian University of Science and Technology, Norway
Skhmot N., Project Engineer, Veidekke Entreprenør AS, Norway

I. BACKGROUND

Lack of adequate tools for communication can cause information losses in construction projects. The most effective way for construction personnel to manage information on sites is to retrieve information at the point where they are and at the time when they need it. This has been difficult to achieve as information management methods normally involves paper-based documents. However, the rapid development of mobile information and communication technologies are offering new possibilities for portability and access to information at the construction sites. The paper aims at exploring the effect tablets has on communication in construction projects, and to present strengths and challenges with the use of tablets as a communication tool at the construction site.

II. CURRENT CONDITIONS

A study carried out by Tenah (1986) show that each manager or supervisor cannot perform his or her functions efficiently without accurate, timely and relevant information on which to base their decisions. The flow of information is one that affects all other resource flows significantly, and is therefore important to manage from a lean perspective (Dave, Boddy and Koskela, 2010; Sacks, Radosavljevic and Barak, 2010).

Waste in construction includes delays, quality costs, rework, unnecessary transportation trips, long distances, improper choice of management, methods or equipment, and poor constructability (Alarcon, 1997; Koskela, 1992). Studies show that waste often occurs due to poor information and communication management. The research of Love and Li (2000) demonstrates that during construction, rework arouse out of incomplete and incorrect information. According to Lofgren (2007), documentation of building activities, production meetings and various inspections often has to be carried out twice. Once when they are actually occurring and then again in a computer document using different templates. This leads to inefficient use of managerial resources.

The development of mobile and wireless ICT and handheld computer devices have now enabled new possibilities of on-demand access of information systems and communication tools that the production organization is requesting. Based on Chen and Kamara (2008), there are three types of mobile applications that is used in the construction industry.

- Mobile CAD applications for interacting with drawings at the construction site
- Data capture applications for managing on-site information
- Project management applications for monitoring and controlling the construction process at the construction site.

III. WORKING HYPOTHESES

- *Tablets can improve the communication between design and construction practitioners, however; there are potential for improvement in the use and equipment.*

IV. RESEARCH METHOD

The research includes a literature review, a study of internal documents and nine in depth interviews with different stakeholders in the AEC industry. These methods were conducted in order to obtain an

overview of previously written literature on the topics and then study the issue deeper using internal documents and interviews. The literature review focused on information flow at the construction site and mobile computing. The study of internal documents aimed at documents from the contractor company Veidekke Entreprenør AS. These documents concern the currently available applications for tablets available in today's market. The interview respondents were mainly project managers and foremen from contractors and design consultants working close to the construction site. A representative from an application developer was interviewed in order to reveal new aspects of interest.

V. RESEARCH FINDINGS AND CONCLUSIONS

Table 1 and 2 sum up the strengths, challenges and initiatives that are found in the study. The initiatives can reinforce the strengths and reduce the challenges of using tablets.

Table 1: Strengths and initiatives to reinforce them (not prioritized).

Strengths	Initiatives to reinforce the strengths
Easy access to information	Install network, offline mode, several functions integrated into one application
Reduce errors due to old drawings	Install network to ensure updated information
Less printing and distributing paper	
Environmental gains	
Easy to carry around	Waterproof tablets and other protection
Reduce time spent on monitoring tasks	Several functions in the applications
Increases the understanding	Assess usability in the development of BIM
Faster decision-making processes	Install network at the construction site
Reduce time spent on reporting	Several functions in the applications
Improves documentation and reports	
Reduce unnecessary movements	Install network at the construction site
Creates a new line of communication	

Table 2: Challenges and initiatives to reduce them (not prioritized).

Challenges	Initiatives to reduce the challenges
Cost/benefit ratio	Promoting success stories, pilot projects
Poor motivation amongst craftsmen	Guidance and training
Poor usability of the BIM	Assess usability in the development of BIM
Lack of trust in the BIM	Assess usability in the development of BIM
Dependent on network	Install network, offline mode
Reduce data security	Remote erase routine
Vulnerable to moisture and dust	Waterproof tablets and other protection
Applications does not support all operating systems	Extend the application's support for all operating systems

To implement these initiatives, it requires cooperation between design and construction practitioners and system developers. Installation of network at the construction site is an essential initiative because there are many features that is dependent on updated information. However, this leads to higher costs and can be especially difficult on major road constructions where the site often extends over several kilometres. Guidance and training to enhance craftsmen's confidence in using tablets will also incur costs. It is therefore crucial to have ambassadors promoting success stories, and show the construction industry what potential benefits these initial costs can provide. In order to exploit the opportunities BIM can bring to the construction site, it is important to assess the usability and constructability throughout the development of the model.

To conclude, it can be said that application of tablets will improve information management in construction projects. At the same time, the proposed initiatives will help to improve the cost/benefit ratio of an initial introduction of tablets.

In the future there should be conducted experiments to get a more systematic view of the net benefits of using tablets. A cost benefit analysis of tablets compared to a manual approach should also be conducted.

VEDLEGG 2: INTERVJUGUIDE

PROBLEMSTILLINGER:

1. Hvordan kan prosjekterende og utførende bruke nettbrett til å kommunisere?
2. Hva er fordelene og ulempene ved å benytte nettbrett for å kommunisere mellom prosjekterende og utførende?
3. Hvilke tiltak kan føre til at nettbrett gir bedre kommunikasjon mellom prosjekterende og utførende?

INTERVJUGUIDE:

Generelt:

1. Hva er din bakgrunn?
2. Hva var din rolle i prosjektet?
3. Hva slags erfaringer hadde du med bruk av nettbrett før prosjektet?
4. Hva slags erfaringer hadde du med bruk av BIM før prosjektet?

Hvordan kan prosjekterende og utførende bruke nettbrett til å kommunisere?

5. Hva kan du tenke deg er mulig bruk av nettbrett på byggeplassen?
6. Hvilke programvarer finnes?
7. Hvem bruker nettbrettene?
8. Hvordan påvirker bruk av nettbrett hvordan kommunikasjonen mellom prosjekterende og utførende foregår?

Hva er fordelene og ulempene ved å benytte nettbrett for å kommunisere mellom prosjekterende og utførende?

9. Hva var positivt ved innføring av nettbrett, i forhold til tidligere rutiner?
10. Hva var negativt ved innføring av nettbrett, i forhold til tidligere rutiner?
11. Hva slags tilbakemeldinger fikk du fra fagarbeiderne på byggeplassen?
12. Hva er positivt ved bruk av BIM modellen på byggeplassen?
13. Hva er negativt ved bruk av BIM modellen på byggeplassen?

Hvilke tiltak kan føre til at nettbrett gir bedre kommunikasjon mellom prosjekterende og utførende?

14. Ønsker du å benytte nettbrett i nye prosjekter, hvorfor/hvorfor ikke?
15. Hvilke endringer ønsker du i systemene for å kunne utnytte potensialet enda mer?
16. Hvilke endringer ønsker du i BIM modellen for at den kan benyttes på byggeplassen?

VEDLEGG 3: TILBAKEMELDINGER FRA IGLC

Accepted: The paper has been accepted as is

Overview of Reviews

Questions		<u>Review 1</u>	<u>Review 2</u>
Familiarity of the reviewer with the topic		8	8
Quality of Content	10%	6	6
Significance for theory or practice	10%	8	6
Originality and level of innovativeness	10%	6	4
Thematic Relevance for the "Call for Papers"	10%	8	8
Quality of presentation	10%	8	8
Overall recommendation	50%	9	6
Total points (out of 10)		8.1	6.2

Review 1

Evaluation of the contribution

Quality of Content 6 (10%)	Significance 8 (10%)	Originality 6 (10%)	Thematic Relevance 8 (10%)	Presentation 8 (10%)	Overall Recommendation 9 (50%)	<i>Total points (out of 10)</i> 8.1
--	-----------------------------------	----------------------------------	--	-----------------------------------	--	---

Reviewer's comments on the contribution

Contribution of the submission:

The paper discusses the importance of tablets in improving communication on construction sites. The authors list the merits and weakness. They also suggest several fixes for the identified weaknesses.

Comments for the authors:

This is a well written easy to understand paper. It flows very well. I commend the authors on their nice presentation.

there are some minor comments:

- 1- the title does not reflect the content well, I suggest having "tablets" and "construction projects" or sites in the title. It will be easier to find by future search
- 2- please mention who are and how many were the people interviewed
- 3- May you adjust the word others in the abstract?
- 4- please define acronyms, ICT, BIM, DWG, PDF.
- 5- spell apps
- 6- can you please explain they way tablets relate to Figure 1?
- 7- I see many uses for tablets that may be missing (schedule, what tasks to do, responsibility, constraints, Skype from site to office to solve an issue, etc.)
8. there are some minor typos especially with the plural (e.g. Dainty et al. 2006 state, etc.) and "This paper aims at exploring the effect tablets have"
- 9- minor typos.
in the archiving not is.

Review 2

Evaluation of the contribution

Quality of Content	Significance	Originality	Thematic Relevance	Presentation	Overall Recommendation	Total points (out of 10)
6 (10%)	6 (10%)	4 (10%)	8 (10%)	8 (10%)	6 (50%)	6.2

Reviewer's comments on the contribution

Contribution of the submission:

The contribution for the lean community is reducing waste in construction through improved communication resulted from use of tablets.

Comments for the authors:

Everything is quite clear with a proper flow of discussion. Although the paper is good enough for publication, my main concern is on the level of innovativeness. Using tablets in construction sites has been proved to be effective and many researchers/developers have worked and are working on improving efficiency. I think the lean community expects more than reinforcing strengths and reducing shortcomings of using tablets.

Minor suggestions:

Use of tablets in construction is better to be highlighted in the title.

Review the paper to avoid minor typos.

VEDLEGG 4: BESKRIVELSE AV ENDRINGER PÅ 1. UTKAST AV DEN VITENSKAPELIGE ARTIKKELEN

DESCRIPTION OF CHANGES MADE TO ADDRESS REVIEWER FEEDBACK

Thank you for the feedback we received from the IGLC program committee. It has been of great help on further work with the paper.

The second review brought up a concern about the level of innovativeness in the paper. This concern is taken into consideration and it is included a section in the theory where the current knowledge gap is described, and why it is important to continue to study the field:

- “Lofgren (2006) studied two tablet computer pilot projects initiated in 2005. The projects focused on the management of drawings and specifications used on the construction site from user’s perspective. There are, to the author’s knowledge, few published studies on use of tablets at construction sites from user’s perspective since 2006. The use of tablets and the range of application areas have increased sharply the last 10 years. It is therefore of importance to continue to study the field, to ensure that the development is going in the right direction.”

Otherwise, the paper only received minor comments and suggestions for improvement in the IGLC reviews:

1.

Comment: The title does not reflect the content well, I suggest having "tablets" and "construction projects" or sites in the title. It will be easier to find by future search.

Addressed changes: The title was changed from “Communication between different stakeholders” to “Applying tablets to improve communication in construction projects”. This title reflects the content in a better way.

2.

Comment: Please mention who are and how many were the people interviewed

Addressed changes: There was added a section in the research methodology chapter to address this comment: “9 semi-structured interviews with both design and construction personnel were conducted. The respondents were mainly project managers and foremen from contractors and design consultants working close to the construction site. An application developer was interviewed in order to reveal new aspects of interest.”

3.

Comment: May you adjust the word others in the abstract?

Addressed changes: The word “others” is replaced with AEC practitioners and academics.

4.

Comment: Please define acronyms, ICT, BIM, DWG, PDF.

Addressed changes: The words are written in full with the acronym in parenthesis the first time they are mentioned in the text.

5.

Comment: Spell apps

Addressed changes: Apps are written as applications throughout the paper

6.

Comment: Can you please explain the way tablets relate to figure 1?

Addressed changes: It is added more explanation to the figure: "Figur 1 illustrates the richness and effectiveness of the most common communication channels. It shows that a rich communication channel is the most effective one. Non-verbal communication, artifacts and latency are important factors affecting the richness of the communication channels. A face-to-face conversation with a whiteboard is therefore high on the scale, and a tablet can provide access to such interactive conversations out in the field."

7.

Comment: I see many uses for tablets that may be missing (schedule, what tasks to do, responsibility, constraints, skype from site to site to solve an issue etc.)

Addressed changes: The comment is contemplated by the authors and the different uses are discussed with some of the interview respondents a second time. Some of the uses were rephrased and split up to make it clearer and more specific. Some uses, such as communication through skype and operation and maintenance, were added to the list. The list of applications areas was changed to:

- Access to blueprints in portable document format (PDF)/drawings (DWG) fileformat and building information models (BIM) everywhere
- Delegating and monitoring of tasks and responsibilities
- Measurement and monitoring of the progress
- Documentation work on site
- Quality assurance work and safety inspections
- Obtaining direct measurements from the blueprints and BIM on site.
- Communication and request for information (RFI) between design consultants and construction practitioners
- Live communication through video chat between site and office
- Operation and maintenance management

8.

Comment: There are some minor typos especially with the plural (e.g. Dainty et al. 2006 state, etc.) and "This paper aims at exploring the effect tablets have", in the archiving not is, advanced calculations, Nourbakhsh et al (2012) studied the.

Addressed changes: The mistakes mentioned in the comment are changed and the paper is reviewed for other typos.

VEDLEGG 5: MASTERKONTRAKT



MASTERKONTRAKT

- uttak av masteroppgave

1. Studentens personalia

Etternavn, fornavn Harstad, Erië Bjølund	Fødselsdato 06. aug 1990
E-post	Telefon 95011205

2. Studieopplysninger

Fakultet Fakultet for Ingeniørvitenskap og teknologi	
Institutt Institutt for bygg, anlegg og transport	
Studieprogram Bygg- og miljøteknikk	Studieretning Prosjektledelse

3. Masteroppgave

Oppstartsdato 17. jan 2015	Innleveringsfrist 19. jun 2015
Oppgavens (foreløpige) tittel Kommunikasjon mellom forskjellige aktører på byggeplassen	
Oppgavetekst/Problembeskrivelse Oppgaven vil diskutere fordeler og ulemper ved å bruke nettbrett for å kommunisere mellom prosjekterende og utførende.	
Hovedveileder ved institutt Førsteamanuensis Ola Lædre	Medveileder(e) ved institutt
Ekstern bedrift/institusjon Veidekke	Ekstern veileder ved bedrift/institusjon Fredrik Svaalestuen
Merknader 1 uke ekstra p.g.a påske.	

4. Underskrift

Student: Jeg erklærer herved at jeg har satt meg inn i gjeldende bestemmelser for mastergradsstudiet og at jeg oppfyller kravene for adgang til å påbegynne oppgaven, herunder eventuelle praksiskrav.

Partene er gjort kjent med avtalens vilkår, samt kapitlene i studiehåndboken om generelle regler og aktuell studieplan for masterstudiet.

16.01.15, Trondheim

Sted og dato

Erla Hørstad
Student

Olav Aadn
Hovedveileder