

Bruk av BIM-kiosker i produksjonsfasen av byggeprosjekter

Vegar Murvold
Aleksander Vestermo

Bygg- og miljøteknikk (2-årig)
Innlevert: juni 2016
Hovedveileder: Ola Lædre, BAT
Medveileder: Fredrik Svalestuen, BAT

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



Oppgavens tittel: Bruk av BIM-kiosker i produksjonsfasen av byggeprosjekter	Dato: 6. juni 2016		
	Antall sider (inkl. bilag): 131		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Vegar Murvold og Aleksander Vestermo			
Faglærer/veileder: Ola Lædre			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Fredrik Svalestuen			

Ekstrakt:

BIM har gått fra å være bare et prosjekteringsverktøy til å være en viktig del av produksjonsfasen og driftsfasen av byggeprosjekt. For å utnytte BIM sitt potensial i produksjonsfasen er det ønskelig å flytte BIM fra kontoret og ut til byggeplassen. Det er forsøkt å flytte BIM ut til byggeplass med verktøy som nettbrett, datastasjon i trailer og BIM-kiosker. Dette er en ny tilnærming til produksjonskontroll på byggeplass, og et område det ser ut til å finnes lite forskning på. Oppgaven ser på om denne måten å tilby mer informasjon på byggeplass kan gi positive virkninger, og om dette kan være fremtiden for byggebransjen. Oppgaven ser også på hvordan BIM-kiosker og lean construction hører sammen. Det er samlet erfaringer fra fem av de ti største entreprenørene i Norge. Det er gjennomført en litteraturstudie, to casestudier med spørreundersøkelser og 10 intervjuer med sentrale personer for å besvare følgende forskningsspørsmål:

- *Hva er en BIM kiosk, og hva kan den brukes til?*
- *Hvordan fungerer BIM-kiosker på forskjellige prosjekt?*
- *Hvordan kan BIM-kiosker brukes for å implementere lean-prinsipper?*
- *Hvordan kan BIM-kiosker utvikles videre?*

Resultatet av oppgaven viser at BIM-kiosk er et informasjonsverktøy som gir arbeiderne tilgang til prosjektinformasjon som 3D-modell og tegninger på byggeplassen. Dette bidrar blant annet til bedre produktivitet, tidsbesparelser, bedre samarbeid og mindre feilproduksjon. Mest nytte av BIM-kioskene ble funnet hos de tekniske fagene, som rør, elektro og ventilasjon. For å oppnå disse fordelene er det viktig å drive opplæring av brukerne. Ved å bruke en matrise som linker BIM-kiosk-egenskaper og lean construction-prinsipper ble det funnet 12 interaksjoner. Interaksjonene viser at BIM-kiosker bidrar til å redusere andelen av ikke-verdiskapende aktiviteter. Hovedfunnene fra forskningen presenteres også i to artikler, som en del av oppgaven. Oppgaven gir anbefalinger for implementering av BIM-kiosker i bedrifter. Det anbefales også for videre forskning å se på bruk av nettbrett i synergi med BIM-kiosker for å utnytte potensialet maksimalt.

Stikkord:

1. BIM
2. BIM-kiosk
3. BIM i produksjonsfasen
4. Lean-prinsipper

Aleksander Vestermo

Vegar Murvold

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet våren 2016 ved institutt for bygg, anlegg og transport på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Masteroppgaven er skrevet i samarbeid av oss, Aleksander og Vegar, i henholdsvis emnene TBA4910 Prosjektledelse og TBA4935 Anleggsteknikk. Masteroppgaven tilsvarer 30 studiepoeng i hvert emne og danner karaktergrunnlaget for dette avsluttende arbeidet for vårt studie.

Temaet ble valgt litt tilfeldig, da vi begge hadde deltidsjobb ved et byggeprosjekt som skulle ta i bruk BIM-kiosker på byggeplassen. Dette er et relativt nytt verktøy for å få informasjon ut på byggeplassen, og et interessant tema som vi ønsket å se nærmere på. BIM er en viktig del av utviklingen av byggebransjen, og gjennom arbeidet har vi tilegnet oss nyttig kunnskap og erfaringer som vi tar med oss ut i arbeidslivet.

Vi har sittet sammen på et lite kontor på en anleggsbrakke hos Betonmast Trøndelag dag ut og dag inn denne våren, og med godt samarbeid og god moral er vi nå ved målstreken. Besvarelsen vår består av 1) en masteroppgave, 2) to vitenskapelige artikler og 3) vedlegg. Arbeidsfordelingen har vært basert på Nils Arne Eggens godfotteori – vi har gjort den jobben vi individuelt mestrer best, og har på den måten gjort både hverandre og sluttresultatet bedre.

Vi vil gjerne takke Betonmast Trøndelag for at vi fikk skrive masteroppgaven i samarbeid med dem, med en spesiell takk til Håvard Vatnehol for inspirasjon og god hjelp underveis. Vi vil også takke veilederne ved NTNU, Ola Lædre og Fredrik Svalestuen, for innspill og gode råd til oppgaven. I tillegg rettes en stor takk til alle som stilte opp på intervju og spørreundersøkelse.

Trondheim, 06.06.2016

Aleksander Vestermo

Vegar Murvold

Sammendrag

BIM har gått fra å være bare et prosjekteringsverktøy til å være en viktig del av produksjonsfasen i byggeprosjekt. BIM kan for eksempel benyttes til visualisering, mengdeberegning, fremdriftsplanlegging, kollisjonskontroll. Dette er likevel bruksområder som vanligvis er forbeholdt ledelsen på kontoret. For å utvikle bruken av BIM i produksjonsfasen videre er det ønskelig å flytte BIM fra kontoret og ut til byggeplassen, der jobben gjøres, for at informasjonen skal finnes der den trengs. Denne måten å tilby mer informasjon på byggeplass har potensiale til å forbedre produksjonsfasen av byggeprosjekter. Med fordeler som økt produktivitet, mindre feilproduksjon, bedre kommunikasjon og tidsbesparelser kan dette til slutt føre til store økonomiske besparelser for bedriftene.

Det er tidligere forsøkt å flytte BIM ut til byggeplass på ulike måter, som nettbrett, BIM i container og BIM-kiosker. Dette er en relativt ny tilnærming til produksjonskontroll på byggeplass, og et område det ser ut til å finnes lite forskning på. Det er interessant å se om denne måten å tilby mer informasjon på byggeplass kan gi positive virkninger, og om dette kan være fremtiden for byggebransjen. Det er også interessant å se på hvordan BIM-kiosker og lean construction hører sammen. Lean construction går ut på å forbedre produksjonsprosesser ved å redusere sløsing, noe tidligere forskning har vist at BIM kan bidra sterkt til. Hensikten med oppgaven er derfor å besvare følgende forskningsspørsmål:

1. Hva er en BIM kiosk, og hva kan den brukes til?
2. Hvordan fungerer BIM-kiosker på forskjellige prosjekt?
3. Hvordan kan BIM-kiosker brukes for å implementere lean-prinsipper?
4. Hvordan kan BIM-kiosker utvikles videre?

Omfanget av forskningen er noe begrenset, da det hittil er få prosjekter i Norge som har benyttet BIM-kiosker. Likevel er det samlet erfaringer fra fem av de ti største entreprenørene i Norge. Grunnlaget for å besvare forskningsspørsmålene kommer fra 10 intervjuer av utvalgte personer hos disse entreprenørene, samt litteraturstudie og to casestudier med spørreundersøkelser. Det er i casestudiene lagt mest vekt på Betonmast Trøndelag sitt pågående prosjekt i Trondheim der de har tatt i bruk BIM-kiosker for første gang.

En BIM-kiosk kan best karakteriseres som et informasjonsverktøy. BIM-kiosker på arbeidsplassen gir arbeiderne tilgang til oppdatert prosjektinformasjon ute på byggeplassen. Dette kan være informasjon som for eksempel 3D-modeller, plan- og detaljtegninger og HMS-informasjon. Gjennom forskningen kom det frem positive resultater fra bruken av BIM-kiosker

på byggeplass. Brukerne opplevde tidsbesparelser, økt produktivitet og bedre kommunikasjon. Mest nytte av BIM-kioskene ble funnet hos de tekniske fagene, som rør, elektro og ventilasjon. De må ofte sammenligne tegninger fra flere fag for å unngå kollisjoner, noe de slipper med visualisering i 3D.

Det ble gjennom forskningen funnet BIM-kiosk-egenskaper som kan tilrettelegge for innføring av lean-prinsipper. Egenskaper som er i bruk i dag, samt egenskaper som ventes å bli tatt i bruk på BIM-kiosker er linket til lean-prinsipper. Det ble funnet 12 interaksjoner som viser at BIM-kiosker kan bidra til å redusere ikke-verdiskapende aktiviteter ved standardisering og redusert variabilitet.

BIM-kiosk er et nytt verktøy, og det trengs fortsatt forbedringer for å kunne utnytte det fulle potensialet. Det er en enighet blant entreprenørene om at opplæring er det viktigste for å øke bruken av BIM-kiosker. Brukerne etterlyser også forbedringer som mer detaljert BIM, raskere responderende funksjoner og flere BIM-kiosker på smarte plasseringer. Det ser ut til at innføring av denne type informasjonsverktøy krever en kulturendring i bransjen, ikke bare hos brukerne, men også hos ledelsen på byggeplassene. Likevel er dette et verktøy de aller fleste ser nytten av, og ønsker å ha tilgang til også på fremtidige prosjekt.

Abstract

BIM has gone from being a design-tool to being an important part of the production phase of building projects. BIM has many areas of use in the production process, including visualization, quantification, progress planning and collision control. These are still areas of use that are normally reserved for the management in the office. To develop the use of BIM in the production phase further, it is desirable to move BIM from the office and out to the construction site, where work is done, to make the information available wherever it is needed. This way of providing more information on the construction site has potential to improve the production phase of building projects. With benefits such as increased productivity, less production errors, better communication and time savings, this may eventually lead to big financial savings for the contractors.

Contractors have tried to get BIM to the construction site with different type of tools, like tablets, BIM in containers or BIM-stations. This is a relatively new approach to on-site production control, and there seems to be a lack of research regarding BIM-stations on site. It is interesting to see if this way of providing more information on-site can give positive results, and if this might be the future of the construction industry. It is also interesting to see how BIM-stations can interact with lean construction. Lean construction is a way of improving production processes by reducing waste, to which previous research has shown that BIM can contribute. The purpose of the report is to answer the following research questions:

1. What is a BIM-station, and how can it be used?
2. How does BIM-stations work on different projects?
3. How can BIM-stations be used to implement lean principles?
4. How can BIM-stations be improved?

The scope of the research is somewhat limited, since few projects in Norway have used BIM-stations so far. Nonetheless, experiences have been collected from five of the ten biggest contractors in Norway. The basis for answering the research questions comes from ten general in-depth interviews of personnel from different management levels within these contractors, as well as a literature study and case studies involving surveys. In the case studies, the case that has been emphasized the most is a project of the Norwegian contractor Betonmast Trøndelag, who are using BIM-stations for the very first time.

A BIM station can best be characterized as an on-site information-tool. BIM-stations give the workers access to updated project information on the construction site. They can get information like 3D-models, 2D-drawings, HSE-information etc. The research revealed positive effects from the use of BIM-stations on construction sites. Users reported increased productivity, better communication and saving time due to having the necessary information available at all time. The most positive effects appeared in the technical fields, like plumbing, electricity and ventilation. They often have to compare drawings from several disciplines to prevent collisions, but this could be unnecessary when visualized in 3D.

Through the research it was found BIM-station features that can facilitate the adoption of lean principles. Features that are in use today, as well as features that are expected to be used on BIM-stations are linked to lean principles. It was found 12 interactions that shows that BIM-stations can help reduce non-value-adding activities by standardization and reduced variability.

The BIM-station is a new tool, and needs further improvements in order to exploit the full potential. It is an unanimity among the contractors that proper training is the most important to make sure that the BIM-stations are used. Users also calls for improvements as a more detailed BIM, faster responding features and additional BIM-stations on better locations on site. It appears that an introduction of this type of information tools require a cultural change in the industry, not only by the users, but also by the management at construction sites. Nevertheless, this is a tool most users see the benefits of, and want to have access to on future projects as well.

Figurliste

Figur 1: Oppgavens oppbygning	5
Figur 2: Validitet og reliabilitet, fritt etter Samset (2014)	16
Figur 3: Byggeprosessens delprosesser (Eikeland, 2001).....	19
Figur 4: Byggeprosessens kjerneprosesser (Eikeland, 2001).....	20
Figur 5: Rikhet av kommunikasjonskanaler (Ambler, 2002).....	22
Figur 6: BIM dimensjoner.....	25
Figur 7: MacLeamys kurve (Morin et al., 2014).....	29
Figur 8: Lean-hovedprinsipper.....	35
Figur 9: Transformasjonsprosess, fritt etter Koskela (2000).....	36
Figur 10: Prinsipper relatert til verdiskapning, fritt etter Koskela (2000)	38
Figur 11: Informasjonsflyt ved bruk av BIM-kiosk (Betonmast)	43
Figur 12: Transportkasse fra Capro (Betonmast).....	44
Figur 13: BIM-kiosk Betonmast	44
Figur 14: Solibri Model Viewer - HiST Teknologibygg (Betonmast).....	45
Figur 15: Byggnet (Betonmast).....	46
Figur 16: BIM-kiosk skrivebordsbakgrunn (Betonmast).....	47
Figur 17: Skjermsparer BIM-kiosk (Betonmast)	47
Figur 18: BIM-kiosk, 1. generasjon Skanska (Hanna og Simensen, 2015)	48
Figur 19: Verktøyvogn (UCO, 2016b).....	49
Figur 20: BIM-kiosk UCO (Hanna og Simensen, 2015)	49
Figur 21: Romdiamant Solibri Model Viewer (Hanna og Simensen, 2015).....	49
Figur 22: BIM-kiosk i bruk (Kruse Smith, 2016a).....	50
Figur 23: BIM-kiosk, bord tatt ned (Kruse Smith, 2016a).....	50
Figur 24: BIM-kiosk HENT	51
Figur 25: BIM-kiosk Veidekke Anlegg	51
Figur 26: Bruk av BIM-kiosk, tekniske fag (Betonmast).....	53

Figur 27: Bruk av BIM-kiosk, tømrere (Betonmast).....	53
Figur 28: BIM-hjelpemidler som har blitt benyttet på tidligere prosjekt (Betonmast)	53
Figur 29: Opplæring BIM-kiosk Betonmast	54
Figur 30: Hva BIM-kioskene ble brukt til (Betonmast).....	56
Figur 31: Tekniske fag som ønsker BIM-kiosk på neste prosjekt (Betonmast).....	57
Figur 32: Tømrere som ønsker BIM-kiosk på neste prosjekt (Betonmast).....	57
Figur 33: Rot på BIM-kiosk 1 (Betonmast)	58
Figur 34: Rot på BIM-kiosk 2 (Betonmast)	58
Figur 35: BIM-hjelpemidler som har blitt benyttet på tidligere prosjekt (Kruse Smith)	61
Figur 36: Hvilke tiltak som kan gjøres for å øke nytteverdien til BIM-kiosk (Betonmast).....	66
Figur 37: Hvilke tiltak som kan gjøres for å øke nytteverdien til BIM-kiosk (Kruse Smith) ..	66

Tabelliste

Tabell 1: Kjennetegn ved kvantitative og kvalitativ metoder, tilpasset fra Dalland (2012)	7
Tabell 2: Metoder for å svare på forskningsspørsmål	8
Tabell 3: Semistrukturert intervju	10
Tabell 4: E-post-intervju	10
Tabell 5: Kilder til informasjon i et casestudie	11
Tabell 6: Respondenter spørreundersøkelse fra HiST Teknologibygge	13
Tabell 7: Respondenter spørreundersøkelse fra Gullfaks hos Kruse Smith.....	14
Tabell 8: Respondenter spørreundersøkelse fra Arkivenes Hus hos Kruse Smith.....	15
Tabell 9: Fordeler ved bruk av nettbrett (Harstad et al., 2015).....	33
Tabell 10: Lean-prinsipper	42
Tabell 11: Informasjonstyper, formater og oppdatering i BIM-kiosk.....	48
Tabell 12: Hva har blitt gjort for at BIM-kiosken skal bli brukt (Betonmast).....	53
Tabell 13: Hvor mange ganger BIM-kiosken ble brukt de siste to dager (Betonmast)	55
Tabell 14: Hvor mange ganger BIM-kiosken ble brukt de siste to uker (Betonmast)	55
Tabell 15: Påstander om BIM-kiosk (Betonmast).....	57
Tabell 16: Bruk av BIM kiosk ved prosjekt Gullfaks	59
Tabell 17: Bruk av BIM kiosk ved prosjekt Arkivenes Hus	59
Tabell 18: Hvor mange ganger BIM-kiosken ble brukt de siste to dager (Kruse Smith)	60
Tabell 19: Hvor mange ganger BIM-kiosken ble brukt de siste to uker (Kruse Smith)	60
Tabell 20: Hva har blitt gjort for at BIM-kiosken skal bli brukt (Kruse Smith)	61
Tabell 21: Påstander om BIM-kiosk (Kruse Smith).....	62
Tabell 22: BIM-kiosk-egenskaper (ikke rangert etter viktighet)	63
Tabell 23: Interaksjonsmatrise av lean-prinsipper og BIM-kiosk-egenskaper	64
Tabell 24: Forklaring til interaksjonsmatrise	65
Tabell 25: Fordeler med BIM-kiosk.....	69
Tabell 26: Ulemper med BIM-kiosk	70

Tabell 27: Hvordan BIM-kiosker fungerer på forskjellige prosjekt 70

Innholdsfortegnelse

FORORD	I
SAMMENDRAG	III
ABSTRACT	V
FIGURLISTE	VII
TABELLISTE	IX
DEL 1: MASTEROPPGAVE	1
1 INTRODUKSJON	3
1.1 Bakgrunn	3
1.2 Forsknings spørsmål	4
1.3 Avgrensning.....	4
1.4 Oppgavens oppbygning	5
2 METODE	7
2.1 Forskningsmetoder	7
2.2 Litteraturstudie.....	8
2.3 Intervju.....	9
2.4 Casestudie	11
2.4.1 Casestudie 1: Betonmast Trøndelag	11
2.4.2 Casestudie 2: Kruse Smith	14
2.5 Informasjonens troverdighet.....	15
2.5.1 Validitet	15
2.5.2 Reliabilitet	15
2.5.3 Feilkilder	16
2.6 Alternative metoder	17
2.6.1 Direkte og deltagende observasjon	17
2.7 Vitenskapelig artikkel.....	18
3 TEORI	19
3.1 Byggeprosessen	19
3.2 Kommunikasjonsteori.....	21
3.2.1 Kommunikasjonskanaler og støy	22
3.2.2 Kommunikasjon i byggeprosjekt	23
3.3 BIM.....	24
3.3.1 BIM-dimensjoner	25
3.3.2 Hvordan implementere BIM	27
3.3.3 BIM til byggeplass	31
3.3.4 Tidligere forskning på bruk av BIM og informasjonskanaler på byggeplassen	32
3.4 Lean	35
3.4.1 Transformasjon, flyt og verdi.....	36
3.4.2 Last planner System	39
3.4.3 Taktplanlegging.....	40
3.4.4 Lean og BIM	41
4 RESULTAT OG DISKUSJON	43
4.1 Hva en BIM-kiosk er, og hva den kan brukes til.....	43
4.1.1 Entreprenør Betonmast Trøndelag	44

4.1.2	Entreprenør Skanska	48
4.1.3	Entreprenør Kruse Smith.....	50
4.1.4	Entreprenør HENT og Veidekke.....	51
4.2	Hvordan BIM-kiosker fungerer på forskjellige prosjekt	52
4.2.1	Entreprenør Betonmast Trøndelag	52
4.2.2	Entreprenør Kruse Smith.....	58
4.3	Hvordan BIM-kiosker kan brukes for å implementere lean-prinsipper	63
4.4	Hvordan BIM-kiosker kan utvikles videre	66
5	KONKLUSJON.....	69
5.1	Hva en BIM-kiosk er, og hva den kan brukes til.....	69
5.2	Hvordan BIM-kiosker fungerer på forskjellige prosjekt	70
5.3	Hvordan BIM-kiosker kan brukes for å implementere lean-prinsipper	71
5.4	Hvordan BIM-kiosker kan utvikles videre	71
5.5	Anbefaling for implementering av BIM-kiosk.....	73
5.6	Videre arbeid	74
	LITTERATURLISTE.....	75
	DEL 2: VITENSKAPELIGE ARTIKLER.....	79
	Artikkel I: Experiences from the use of BIM-stations	80
	Artikkel I: A3 rapport.....	90
	Artikkel II: BIM-stations: What it is and how it can be used to implement Lean Principles	92
	Artikkel II: A3 rapport	102
	DEL 3: VEDLEGG	I
	VEDLEGG A: Oppgavetekst	ii
	VEDLEGG B: Tilbakemelding på artikler fra IGLC.....	v
	VEDLEGG C: Spørreundersøkelse brukere.....	vii
	VEDLEGG D: Spørreundersøkelse funksjonærer	x
	VEDLEGG E: Intervjuguide	xii

DEL 1: Masteroppgave

1 Introduksjon

I kapittel 1 Introduksjon presenteres bakgrunn, problemstilling og avgrensing av oppgaven. I tillegg beskrives arbeidet med de vitenskapelige artiklene og oppgavens videre oppbygning.

1.1 Bakgrunn

Bruken av 3D-modeller som modelleringsverktøy har vært i konstant utvikling siden det ble introdusert på slutten av 1970-tallet og begynnelsen av 1980-tallet. Dataassistert konstruksjon (DAK) startet som et designverktøy primært for mekanikk, elektronikk og romfart (Eastman et al., 2011). Systemene var dyre og krevde veldig stor datakraft. Ettersom utviklingen gikk ble det introdusert nye digitale verktøy for alle bransjer. I byggebransjen dukket bygningsinformasjonsmodellering (BIM) opp. BIM er en tredimensjonal DAK-teknologi som er mye brukt i prosjekteringsfasen av alle typer prosjekter. Noen byggherrer, som Statsbygg, krever at det blir brukt BIM i prosjekteringsfasen. BIM har potensialet til å redusere andelen feil og mangler i byggeprosjekt. BIM kan også forbedre samhandlingen, øke produktiviteten og redusere kostnadene i prosjekter (Cant, 2014).

For å skape forutsigbare arbeidsflyter har bedrifter begynt å innføre lean og BIM samtidig i byggeprosjekter. Ifølge Womack og Jones (1996) kan lean oppsummeres i fem prinsipper: Spesifisere verdi, indentifiser verdistrøm, oppnå jevn flyt, la kundens etterspørsel drive produksjonen, og søk mot perfektjonisme. Av disse hevder de at å spesifisere verdi er det kritiske utgangspunkt. De definerer verdi som det som oppfyller kundens behov til en bestemt pris, til et bestemt tidspunkt. Ved å innføre lean kan det føre til en bedre nøyaktighet i planleggingen, og en kan levere mest mulig verdi til kunden samtidig som en forbruker minst mulig ressurser (Dodge Data & Analytics, 2015). BIM og lean har blitt forsket mye på de siste årene, og forskjellige forskere på lean construction hevder at bruken av BIM i byggeprosjekt kan redusere ineffektivitet og omarbeiding (Arayici et al., 2011, Sacks og Radosavljevic, 2010, Sacks et al., 2009). Koblingen mellom lean construction og BIM er likevel noe det har vært lite forskning på (Sacks et al., 2010).

Selv om BIM er et sett på som et verktøy i prosjekteringsfasen har også BIM et stort potensiale i produksjonsfasen og driftsfasen. BIM kan i produksjonsfasen benyttes til blant annet visualisering, mengdeberegning, fremdriftsplanlegging, kollisjonskontroll m.m. Dette er likevel bruksområder som vanligvis er forbeholdt funksjonærer ved anleggskontoret. For å utvikle bruken av BIM i produksjonsfasen videre er det ønskelig å flytte BIM fra kontoret og ut til byggeplassen, der hvor arbeidet utføres. På denne måten vil informasjon være tilgjengelig

der det er behov – når det er behov. Dette kan igjen føre til mindre feilproduksjon, bedre kommunikasjon og produktivitet, og besparelser i tid og penger for prosjektene.

Det er forsøkt å flytte BIM ut på byggeplass på flere måter, ved for eksempel nettbrett, BIM i containere eller BIM-kiosker. Med BIM på byggeplassen kan arbeiderne få muligheten til å få en bedre forståelse av det planlagte prosjektet gjennom visualisering, tilgang på informasjon og en større grad av samarbeid.

1.2 Forskningsspørsmål

Formålet med oppgaven er å se på bruken av BIM-kiosker i produksjonsfasen hos entreprenører i Norge, samt hvordan BIM-kiosker kan brukes for å implementere lean-prinsipper.

I denne besvarelsen ses det nærmere på erfaringer med bruken av BIM-kiosker hos 5 av de 10 største (etter omsetning) entreprenørene i Norge. BIM-kiosker er et relativt nytt verktøy, som gir arbeiderne tilgang til informasjonen de trenger ute på en byggeplass. Hovedfokuset i forskningen har vært på et pågående byggeprosjekt i Trondheim, hvor totalentreprenør Betonmast Trøndelag bygger et nytt universitetsbygg for byggherre Statsbygg. Dette er det første prosjektet til Betonmast hvor de benytter BIM-kiosker ute på byggeplass, så alt er nytt. Det ser også ut til at det er mangel på forskning på dette temaet fra andre prosjekter, og forskningen er derfor basert på følgende forskningsspørsmål:

1. Hva er en BIM kiosk, og hva kan den brukes til?
2. Hvordan fungerer BIM-kiosker på forskjellige prosjekt?
3. Hvordan kan BIM-kiosker brukes for å implementere lean-prinsipper?
4. Hvordan kan BIM-kiosker utvikles videre?

1.3 Avgrensning

Svært få prosjekter i Norge har så langt tatt i bruk BIM-kiosker, noe som begrenser omfanget på forskningen. BIM-kiosker er som nevnt også et nytt verktøy, og det er derfor vanskelig å måle kostnadsbesparelser over tid.

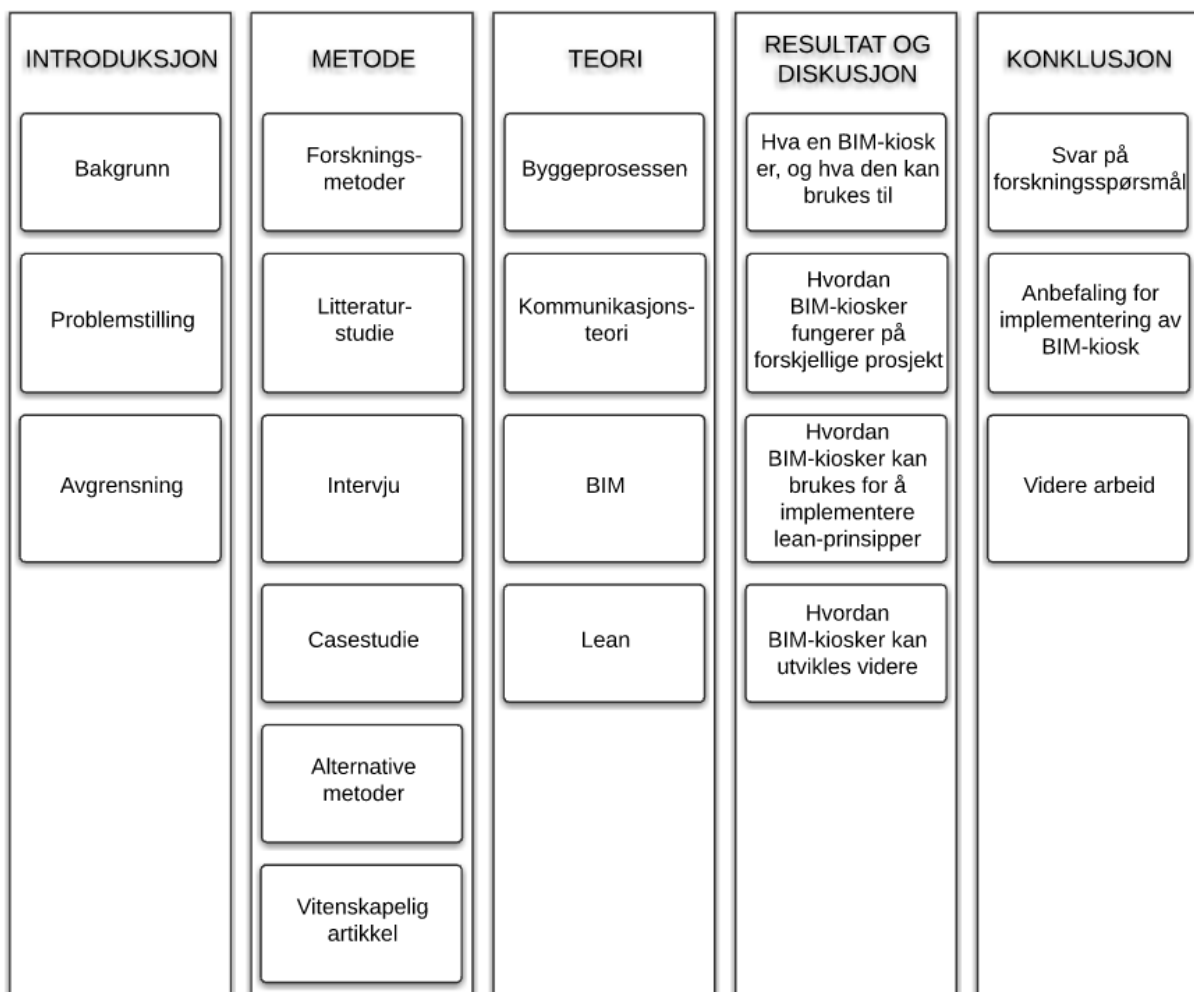
Det er valgt å gå mer i dybden på ett spesielt prosjekt, HiST Teknologibygget, i Trondheim. Grunnen til at dette prosjektet ble valgt er at begge forfatterne av oppgaven var deltidsansatt på prosjektet gjennom hele forskningsperioden. En av arbeidsoppgavene var å sette ut BIM-kioskene på byggeplassen allerede før arbeidet med denne oppgaven startet, noe som ga mulighet til å følge utvikling og effekt av BIM-kioskene fra dag 1. Deltidsjobben på prosjektet ga forfatterne tilgang på informasjon fra prosjektet, og muligheten til å følge opp BIM-kioskene

gjennom hele forskningsperioden. Det er fokusert på å studere prosjektet på en objektiv måte, for å unngå at forfatterens involvering i prosjektet skulle farge innholdet i oppgaven. I tillegg er det også sett på to prosjekter i Stavanger, hvor Kruse Smith benytter BIM-kiosker. Kruse Smith satser for tiden hardt på utvikling av nye informasjonsverktøy i produksjonsfasen, det har derfor vært interessant å sammenligne prosjektet i Trondheim med Kruse Smith sine prosjekter i Stavanger.

Det er hovedsakelig sett på entreprenørers erfaring rundt bruken av BIM-kiosker på byggeplass, i tillegg til samtaler med byggherre på prosjektet i Trondheim. Det kunne også ha vært interessant å ha sett på andres oppfatning, for eksempel rådgivere og leverandører av software til BIM-kiosker.

1.4 Oppgavens oppbygning

Denne oppgaven er delt inn i 5 hovedkapitler som vist i illustrasjonen nedenfor (figur 1).



Figur 1: Oppgavens oppbygning

I kapittel 1 introduseres temaet for oppgaven, med bakgrunn, forskningsspørsmål og dens avgrensinger. I Kapittel 2 Metode forklares metodene som er benyttet til å besvare de ulike forskningsspørsmålene i oppgaven. Kapittel 3 Teori består av en gjennomgang av teori og tidligere forskning på området. Denne teorien skal gi leseren en forståelse av temaet, med et spesielt fokus på BIM og lean. I kapittel 4 Resultat og diskusjon presenteres funnene som er gjort gjennom forskningsarbeidet. I tillegg diskuteres resultatene opp mot teorien og tidligere forskning. Kapittelet er bygd opp etter de fire forskningsspørsmålene. I kapittel 5 Konklusjon presenteres konklusjoner og svar på forskningsspørsmålene, samt anbefalinger for implementering av BIM-kiosk og videre arbeid.

2 Metode

I Kapittel 2 Metode beskrives metodene som er benyttet for å innhente informasjon til oppgaven, samt deres validitet og reliabilitet. Hensikten med dette kapitlet er å beskrive hvilke metoder som er benyttet, hvorfor disse metodene er benyttet, og hvordan de ble gjennomført. Det er også beskrevet og diskutert feilkilder til hver av metodene.

2.1 Forskningsmetoder

Metode blir definert av Aubert og Alstad (1985) som: «En fremgangsmåte for å løse problemer og komme frem til ny kunnskap. Et hvilket som helst middel som tjener dette formålet, hører med i arsenalet av metoder».

Det skilles mellom kvalitative og kvantitative metoder. De kvantitative metodene gir data i form av målbare enheter, mens kvalitative metoder fanger opp meninger og opplevelser som ikke kan tallfestes eller måles (Dalland, 2012). Disse er også kjent som henholdsvis harde og myke data. En forenklet sammenligning av karakteristiske trekk ved de to metodetyperne er vist i tabell 1.

Tabell 1: Kjennetegn ved kvantitative og kvalitativ metoder, tilpasset fra Dalland (2012)

Kvantitativt orientert	Kvalitativt orientert
Går i bredden	Går i dybden
Får frem det representative	Får frem det som er spesielt
Systematisk; spørreskjema med faste alternativer	Fleksibelt; intervju uten faste alternativer
Datainnsamling skjer uten direkte kontakt med feltet	Datainnsamling skjer i direkte kontakt med feltet
Fremstilling formidler forklaringer	Fremstillingen formidler forståelse
Data er knyttet til adskilte fenomener	Innsamlet data formidler sammenheng og helhet

I denne oppgaven er det benyttet kvalitative metoder i form av litteratursøk og intervju. I tillegg er det gjennomført kvantitative spørreundersøkelser for å kunne beregne statistiske verdier. På denne måten har kvalitative intervjuer blitt brukt til å forbedre kvantitative spørreundersøkelser. Å benytte ulike metoder i samme undersøkelse kalles metodetriangulering (uio, 2004). Dette er gjort for å få en bedre og utvidet forståelse av bruken av BIM-kiosker på byggeplass. Det er benyttet ulike metoder for å besvare de ulike forskningsspørsmålene i oppgaven. Tabell 2 viser hvilke metoder som er benyttet til hvert av forskningsspørsmålene. De forskjellige metodene forklares videre i metodekapittelet.

Tabell 2: Metoder for å svare på forsknings spørsmål

	Forsknings spørsmål	Metode for innhenting av informasjon
1.	Hva er en BIM-kiosk, og hva kan den brukes til?	Litteraturstudie Intervju Spørreundersøkelse
2.	Hvordan fungerer BIM-kiosker på forskjellige prosjekt?	Case studie Litteraturstudie Intervju Spørreundersøkelse
3.	Hvordan kan BIM-kiosker brukes for å implementere lean-prinsipper?	Litteraturstudie Intervju
4.	Hvordan kan BIM-kiosker utvikles videre?	Intervju Spørreundersøkelse Litteraturstudie

2.2 Litteraturstudie

Et viktig grunnlag for oppgaven er teori og tidligere forskning relatert til temaet BIM-kiosker. For å finne denne typen informasjon er det utført en litteraturstudie.

En litteraturstudie er systematisk søking etter publisert litteratur innenfor et bestemt tema (Kirkehei og Ormstad, 2013). Litteraturstudiet har utgjort en viktig del av oppstarten til denne oppgaven. Hart (2001) viser til fem viktige grunner til at en bør starte et slik prosjektarbeid med en litteraturstudie:

- Det hjelper en med å finne arbeid som allerede er gjort innenfor det aktuelle temaet.
- Det forhindrer at en forsker på noe som allerede har blitt gjort.
- Det hjelper en med å unngå å gjøre de samme feil som er blitt gjort ved tidligere forskning.
- Det kan hjelpe en med å utvikle metodikken for prosjektet ved å identifisere sentrale problemstillinger og teknikker for datainnhenting som passer best til det aktuelle temaet.
- Det hjelper en med å finne hull og mangler i eksisterende forskning, noe som kan gi en unik mulighet til å forske på et nytt område innenfor temaet.

Informasjonsgrunnlaget er hentet fra bøker, søk i ulike databaser, biblioteksøketjenesten Oria og andre søkemotorer på internett, som Google Scholar og Engineering Village.

Søketjenesten Oria er en felles portal til materialet som finnes i de norske fag- og forskningsbibliotek, inkludert elektronisk materiale fra åpne kilder. Oria er tilgjengelig for alle, og universiteter og høyskoler tilbyr egne varianter. Her finnes blant annet bøker, elektroniske

tidsskrifter, dokumenter, artikler, musikk og filmer. All litteratur i universitetsbibliotekene er kvalitetssikret faglitteratur, og dette gjør Oria til en god søkemotor for fagbøker.

Av databaser er det benyttet blant annet Scopus, Compendex og Inspec. Compendex er den største databasen som er benyttet. Databasen dekker alle ingeniørfag og gir relevant litteratur av god kvalitet. Inspec dekker fysikk, elektronikk og databehandling. Denne databasen har gitt mindre treff på litteratur innenfor temaet. Scopus er en database som dekker spesielt realfag, teknologi og medisin. Denne databasen har derfor gitt mest relevant litteratur innenfor temaet.

Vurdering av litteratur

Litteraturen er vurdert etter TONE-prinsippet. Dette er en metode å kvalitetssikre litteraturen på ut fra de fire viktige nøkkelordene troverdighet, objektivitet, nøyaktighet og egnethet. Hvor ofte litteraturen er sitert av andre styrker troverdigheten til informasjonen. Dette er sett i sammenheng med utgivelsesår og forfatters renomme for å få et best mulig bilde av troverdigheten. Objektiviteten er vurdert ut fra om forfatteren ønsker å informere eller overbevise. På den måten ser en om forfatteren er objektiv eller partisk. Nøyaktigheten er vurdert etter hvor detaljert litteraturen er. Da er det sett på hvor mange og hvilke kilder forfatteren har brukt på litteraturen. Egnetheten til litteraturen går på hvor egnet den bestemte litteraturen er i forhold til tema og problemstilling som er valgt for denne oppgaven.

2.3 Intervju

Det er gjennomført flere kvalitative intervjuer for å besvare forskningsspørsmålene i oppgaven. Det var ønskelig å se på flere entreprenørers erfaringer rundt bruk av BIM-kiosker, og det er derfor intervjuet nøkkelpersoner i Betonmast, Kruse Smith, Skanska, HENT og Veidekke. Disse bedriftene ble valgt grunnet deres størrelse (etter omsetning) i Norge. Ved å gå etter store entreprenørbedrifter øker sjansen for å treffe personer med bred erfaring innenfor temaet. Til sammen er det gjennomført 10 intervjuer, hvorav tre E-post-intervju og syv semistrukturerte intervju. Det er valgt å ikke intervju flere enn 10 personer da de utvalgte intervjuobjektene anses for å være de med mest erfaring i de ulike bedriftene, og flere intervjuer derfor ikke ville gitt ny informasjon.

Et semistrukturert intervju kan best beskrives som en samtale mellom respondent og forsker. Denne måten å skaffe informasjon på er valgt fordi respondentene får mulighet til å svare fritt, og en åpen intervjusituasjon øker sjansen for å få spontane, levende og uventede svar (Dalland, 2012). Samtalene ble styrt ved hjelp av en intervjuguide som ble utarbeidet på forhånd (Vedlegg E). En intervjuguide inneholder hovedtema som samtalen skal dreie seg om, samt underspørsmål som ønskes besvart.

For å bevare mest mulig av intervjuet ble alle samtaler tatt opp og transkribert. Et lydopptak tar vare på alt som blir sagt, og får også med nyanser i språk og toneleie. Det ble i tillegg gjort notater ved siden av. Lydopptak og notater ble gjennomgått umiddelbart etter at intervjuene var avsluttet, mens inntrykkene fortsatt var friskt i minnet. Det er unngått å stille ledende spørsmål, slik at intervjuobjektene kunne svare åpent. I noen tilfeller hadde ikke intervjuobjektene tid til et lengre intervju, og de var i tillegg lokalisert i Oslo. I disse tilfellene ble det gjennomført E-post-intervju. Den samme intervjuguiden ble sendt ut på mail, besvart og returnert når de hadde tid.

Det har vært et ønske med denne oppgaven å sammenligne flere entreprenørers erfaringer med bruken av BIM-kiosker. Ved hjelp av disse intervjuene er det samlet inn erfaringer fra 5 av de største entreprenørene i landet, samt totalteknisk entreprenør og byggherre på HiST Teknologibygget. Alle intervjuobjektene som er valgt har erfaring innen bruk av BIM, enten ute på prosjekt eller sentralt i bedriften. Intervjuobjektene er listet opp i tabell 3 og tabell 4. Svarene fra alle intervjuobjektene har gitt grunnlag til å svare på de fire forskningsspørsmålene i oppgaven.

Tabell 3: Semistrukturert intervju

Bedrift	Stilling
Betonmast	BIM-koordinator/prosjekteringsleder og prosjektleder
Skanska	Avdelingssjef BIM og BIM-koordinator
Statsbygg	Prosjektleder, byggherre
Kruse Smith	Utviklingsleder VDC
Caverion	Prosjektleder

Tabell 4: E-post-intervju

Bedrift	Stilling
HENT	BIM-koordinator
Skanska	Prosjektleder
Veidekke Anlegg	VDC ¹ Ansvarlig

¹ Virtual design and construction. Arbeidsmetodikk for håndtering av tverrfaglige modeller

Det begrensede antallet intervjuobjekter gjør at resultatene ikke kan generaliseres. Men som Flyvbjerg (2006) påpeker, kan selv et lite antall intervjuobjekter utgjøre en god kilde til informasjon for å generere ny kunnskap

2.4 Casestudie

Casestudie er en av mange forskningsmetoder for å gi økt innsikt og forståelse om et problemområde. Yin (2014) definerer et casestudie som en empirisk forespørsel som undersøker fenomener fra sanntiden, innenfor deres naturlige omgivelser og sammenheng. Et casestudie gir muligheten til å studere helheten i et komplekst fenomen som et byggeprosjekt. I følge Yin (2014) er et casestudie mest relevant hvis spørsmålene en ønsker å besvare handler om "hvordan" eller "hvorfor" noen fenomen virker. Det samme gjelder for spørsmål som krever en grundig beskrivelse. Dette gjør at casestudie er den mest passende forskningsmetoden for å belyse erfaringer rundt bruken av BIM-kiosker. Informasjonen i et casestudie kan komme fra forskjellige kilder. Yin (2014) beskriver forskjellige kilder til informasjon i et casestudie, hvorav de mest relevante for oppgaven er vist i tabell 5.

Tabell 5: Kilder til informasjon i et casestudie

Kilder til informasjon i et casestudie		
Dokumentstudier	Spørreundersøkelser	Intervjuer
Direkte observasjoner	Deltagende observasjoner	

I denne oppgaven er det benyttet dokumentstudier, intervjuer og spørreundersøkelser for å innhente informasjon. Dette er ansett som de kildene til informasjon som er best egnet for disse casestudiene. Begrunnelse for hvorfor deltagende og direkte observasjoner ble forkastet forklares nærmere i kapittel 2.6 Alternative metoder. I neste kapittel forklares det nærmere hvordan casestudiene er gjennomført og hvorfor disse casene er valgt.

2.4.1 Casestudie 1: Betonmast Trøndelag

Betonmast Trøndelag er et entreprenørselskap som tar på seg jobber innen nybygg og rehabilitering av skoler, barnehager, sykehjem, boligprosjekter, nærings- og industribygg (Betonmast, 2016). Casestudiet oppgaven tar for seg er et av de pågående prosjektene til Betonmast Trøndelag. Prosjektet HiST Teknologibygge består av nybygg på til sammen 15 000 kvadratmeter, fordelt på seks etasjer pluss to underetasjer (Betonmast, 2015). I tillegg innbefatter også prosjektet rehabilitering av omtrent 1000 kvadratmeter. Dette prosjektet var spesielt interessant da det er Betonmast sitt første prosjekt med BIM-kiosker på byggeplass.

Prosjektet er komplekst, hvor potensialet for BIM-kiosker er enormt. Betonmast har også tatt i bruk lean-prinsipper som «visual management», «last planner system» og taktplanlegging.

Begge forfatterne av oppgaven har hatt deltidsjobb på dette prosjektet parallelt med arbeidet med oppgaven. Ett av ansvarsområdene var BIM-kioskene. Dette innebar å montere, flytte og vedlikeholde kioskene. Dette casestudiet ble valgt fordi det ga mulighet til å gjøre observasjoner fra dag én BIM-kioskene ble satt ut på byggeplassen. Forfatterne hadde tilgang til å gå rundt på byggeplassen slik de ønsket, noe som gjorde det mulig å ha samtaler med brukerne, samt dokumentere utvikling over tid. Observasjoner fra dag én og utover i forskningsperioden har vært nyttige for å kartlegge bruk og holdninger

Dokumentstudier

Det ble gitt tilgang til alle møtereferater i prosjektet. Dette omfattet blant annet byggherremøter, fremdriftsmøter, byggemøter og beslutningsmøter i perioden juni 2014 – mars 2016, totalt over 400 dokumenter. Alle dokumentene ble konvertert til Adobe PDF, og samlet til noen få søkbare dokument. Det ble søkt i alle dokumentene med søkeordene BIM, kiosk og stasjon. Resultatet ble en nyttig samling av alle møtereferater som inneholdt diskusjon av BIM-kioskene. Andre dokumenter som er gjennomgått i forbindelse med casestudiet er kontraktsdokumenter og kostnadsoverslag for innkjøp av BIM-kioskene.

Et dokumentstudie gir innsikt i bedriftens upubliserte dokumenter. Hensikten med å gå gjennom disse dokumentene var for å få en bedre forståelse av hvordan bedriften har utført sine prosessteorier i praksis, og deres fokus på BIM-kiosker.

Intervju

I forbindelse med casestudiet ble det gjennomført intervjuer med utvalgte personer. Hensikten var å kartlegge erfaringer rundt bruken av BIM-kioskene på prosjektet. Totalt fire personer som er involvert i dette prosjektet ble intervjuet. Disse ble valgt på grunn av erfaring i bruk av BIM, og posisjon i prosjektet. Intervjuobjektene i casestudiet er involvert i ulike deler av prosjektet, så det ble utarbeidet en intervjuguide som er tilpasset hvert av intervjuobjektene. Ved å spørre kun de mest relevante spørsmålene til hvert intervjuobjekt, kom det frem hvordan BIM-kiosker påvirket de ulike delene av prosjektet. Intervjuene ble gjennomført på samme måte som beskrevet i kapittel 2.3. De intervjuede var BIM-koordinator/prosjekteringsleder og prosjektleder hos totalentreprenør, samt prosjektleder hos byggherre og teknisk totalentreprenør. Den tekniske totalentreprenøren er ansvarlig for prosjektering og utførelse av de tekniske fag. Dette innebærer blant annet rør, elektro og ventilasjon.

Spørreundersøkelse

Som en del av casestudiet er det gjennomført en kvantitativ spørreundersøkelse (Vedlegg C og D). Det ble utarbeidet et spørreskjema med klare svaralternativer for å kartlegge bruken av BIM-kiosker og brukernes holdning og atferd. Undersøkelsen ga også mulighet til å svare fritt på de fleste spørsmål. Årsaken til at det ble gitt svaralternativer på samtlige spørsmål var for å lettere kunne sammenligne svarene og få en statistisk fremstilling. Det må også sies at terskelen for å velge et svaralternativ fremfor å formulere egne svar er mye lavere, og bidrar derfor til å få høyere svarprosent på hvert spørsmål. Totalt 60 stk. besvarte spørreundersøkelsen, hvorav 48 håndverkere og 12 funksjonærer, se tabell 6.

Tabell 6: Respondenter spørreundersøkelse fra HiST Teknologibyg

Totalentreprenør Betonmast		Totalteknisk entreprenør	
Prosjektleder:	2 stk.	Prosjektleder:	1 stk.
Anleggsleder:	3 stk.	Anleggsleder:	2 stk.
Prosjekteringsleder:	2 stk.	Elektrikkerbas:	1 stk.
HMS ² ansvarlig:	1 stk.	Elektrikker:	11 stk.
Prosjektingeniør:	1 stk.	Rørleggerbas:	1 stk.
Tømrerbas:	1 stk.	Rørlegger:	11 stk.
Tømrere:	21 stk.		
Riggansvarlig:	2 stk.		
Totalt:	33 stk.	Totalt:	27 stk.

For å sikre det høye antall respondenter ble spørreundersøkelsen gjennomført i lunsjpausen på anleggsbrakka. Respondentene ble oppsøkt på pauserommet og forklart muntlig hva undersøkelsen gikk ut på, før spørreskjema ble delt ut til hver enkelt. Resultatet ble ført inn i Excel for å kunne legge frem statistikk over besvarelsene. Statistikkbehandlingen ga mulighet til å sortere, filtrere og legge frem resultatene som vist i kapittel 4 Resultat og diskusjon. I tillegg til å være en del av casestudiet har denne spørreundersøkelsen bidratt til å kunne besvare også forskningsspørsmål fire, om hvordan BIM-kioskene kan utvikles videre.

Opprinnelig var det planlagt å avholde spørreundersøkelsen i to omganger, noe som kunne gitt gode data med tanke på å dokumentere utvikling over tid. Samme spørsmål ville da ha blitt stilt for å se om brukerne hadde endret sin holdning over en periode. For å kunne gjennomføre dette

² Helse, miljø og sikkerhet

måtte spørreundersøkelse nummer to ha blitt avholdt noen måneder etter den første. Dette ble etter hvert droppet av flere grunner:

1. Behandling av data tar lang tid.
2. Det er ofte utskiftninger i arbeidsstokken på byggeplasser. Det er derfor vanskelig å måle verken positiv eller negativ utvikling, hvis en stor del av arbeiderne er utskiftet.
3. Det ble prioritert å studere prosjekter hos en annen bedrift, da dette ble vurdert som mest interessant for oppgaven.

2.4.2 Casestudie 2: Kruse Smith

Kruse Smith er en av Norges ledende entreprenør og eiendomsutviklere (Kruse Smith, 2016b). Det kom frem gjennom intervju med Skanska at Kruse Smith har kommet langt også innen bruk av BIM i produksjonsfasen. Det var derfor ønskelig å ta en tur til et av deres kontor for å se på hvordan de bruker BIM-kiosker i dag, og hvordan de planlegger videre bruk. Det ble tatt kontakt med utviklingsleder VDC i bedriften for å høre om dette var mulig. De hadde på dette tidspunktet to prosjekter med BIM-kiosker i Stavanger som det er sett nærmere på i denne oppgaven.

Det første prosjektet, Gullfaks, er et kontorbygg på totalt 17 800 m² fordelt på 6 etasjer (Hinna Park, 2016). Prosjektet var i slutfasen, og det var derfor lite aktivitet og få folk å samle erfaringer fra. Det ble gjennomført en spørreundersøkelse av totalt 10 stk. ved prosjektet. Disse ble kontaktet én og én, slik at det var mulig å ha en samtale rundt spørsmålene. En oversikt over respondentene vises i tabell 7.

Tabell 7: Respondenter spørreundersøkelse fra Gullfaks hos Kruse Smith

Respondenter fra Gullfaks hos Kruse Smith	
Trainee, anleggsleder:	1 stk.
Totalteknisk entreprenør, bas:	4 stk.
Totalteknisk entreprenør, montør/håndverker:	1 stk.
Tømrer, montør/håndverker:	1 stk.
Blikkenslager, bas:	1 stk.
Blikkenslager, montør/håndverker:	1 stk.
Rørlegger, formann:	1 stk.
Totalt:	10 stk.

Det andre prosjektet, Arkivenes Hus, er et bygg på totalt 14 300 m². Dette bygget er tenkt som et felles arkiv- og dokumentasjonssenter for en rekke institusjoner og forvaltningsorganer i Rogaland (Smedvig, 2016). Dette prosjektet var i en mye tidligere fase, og drev hovedsakelig

med betong og grunnarbeid på dette tidspunktet. Det var lite aktivitet på dette prosjektet denne dagen, men Kruse Smith presenterte spørreundersøkelsen på prosjektet en annen dag, for så å sende resultatet til oss på mail. En oversikt over de som besvarte undersøkelsen ved dette prosjektet er vist i tabell 8. Det ble i tillegg til spørreundersøkelsene gjennomført intervju av utviklingsleder VDC i Kruse Smith.

Tabell 8: Respondenter spørreundersøkelse fra Arkivenes Hus hos Kruse Smith

Respondenter fra Arkivenes Hus hos Kruse Smith	
Trainee, anleggsleder:	1 stk.
Betongarbeider, bas:	1 stk.
Betongarbeider, montør/håndverker:	7 stk.
Grunnarbeider, bas:	1 stk.
Grunnarbeider, montør/håndverker:	3 stk.
Elementmontasje, formann:	1 stk.
Elementmontasje, montør/håndverker:	1 stk.
Totalt:	15 stk.

2.5 Informasjonens troverdighet

Når det snakkes om oppgavens troverdighet benyttes begrepene validitet og reliabilitet. Nedenfor beskrives disse begrepene, samt hvordan det er jobbet for å oppnå høy validitet og reliabilitet på resultatene i forskningsarbeidet.

2.5.1 Validitet

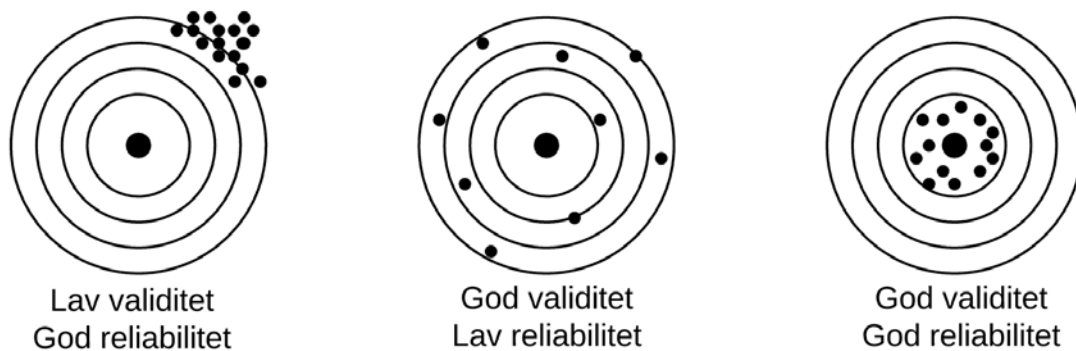
Begrepet validitet brukes i forskning for å karakterisere informasjonens godhet (Samset, 2014). Validitet betyr relevans og gyldighet. Det som måles må være relevant og gyldig i forhold til problemet som undersøkes (Dalland, 2012). Det betyr at validiteten sier noe om hvor godt datamaterialet er egnet til å svare på forskningsspørsmålene.

For å sikre god validitet i spørreundersøkelsen og intervjuene er det gjort et grundig forarbeid med spørsmålene. Spørsmålene i både spørreundersøkelsen og intervjuguiden er knyttet opp mot forskningsspørsmålene i oppgaven. På den måten er det sørget for at de riktige spørsmålene er stilt. Validiteten til begge undersøkelsene vurderes som god, da datamaterialet er både gyldig og relevant for forskningsspørsmålene.

2.5.2 Reliabilitet

Reliabilitet betyr pålitelighet og handler om hvorvidt informasjonen kan testes eller etterprøves (Samset, 2014). For å sikre påliteligheten trengs måleinstrument uten systematiske feil. Ved høy pålitelighet kan testen utføres av flere personer, og alle få samme resultat. For å sikre en

god validitet må en måle de riktige tingene, mens for å sikre god reliabilitet må en måle tingene på riktig måte. Validitet og reliabilitet er illustrert i figur 2.



Figur 2: Validitet og reliabilitet, fritt etter Samset (2014)

Kilden som benyttes er en avgjørende faktor for god reliabilitet. Intervjuobjektene er plukket ut på bakgrunn av deres erfaring med BIM på byggeplass og stilling i bedriften, og anses som pålitelige. Håndverkerne som besvarte spørreundersøkelsen anses også som pålitelige, da disse er de eneste som benytter BIM-kiosker i hverdagen.

Det er viktig for reliabiliteten til svarene at spørsmålene er stilt på riktig måte. For å sikre god reliabilitet i spørreundersøkelsen er det utformet tydelige spørsmål med gode svaralternativer. Dette reduserer sannsynligheten for misforståelser og tolkningsfeil. Det kan også oppstå misforståelser i intervju, og intervjuerne har en viss påvirkningskraft som kan farge svarene. Dette er det tatt hensyn til ved tolkning av resultatene.

2.5.3 Feilkilder

Litteraturstudie

BIM er et verktøy som har utviklet seg mye de siste årene, og nyere forskning kan slå hull på gamle ideer rundt temaet. Derfor er det viktig å ta årstall for publisering med i betraktningen, og være kritisk til forskning fra for eksempel 10-15 år siden. BIM-kiosk er også et relativt nytt begrep, og derfor noe det kan være vanskelig å finne litteratur og spesifikk forskning på. Dette er det viktig å ta hensyn til når en vektlegger litteraturen en finner.

Spørreundersøkelse

Spørreundersøkelsen ble gjennomført av totalt 60 personer i det første casestudiet. Dette er et høyt antall, men et enda høyere antall respondenter hadde gitt et mer pålitelig resultat. Spørreundersøkelsen hadde klare alternativ på de fleste spørsmål. En feilkilde med denne måten å spørre på er at noen alternativer kan mangle, og respondenten derfor ikke finner det svaret som passer for seg. Tolking av spørsmål og svar utgjør også en potensiell feilkilde, og misforståelser fra både respondent og forsker sin side kan påvirke resultatet. Fagarbeidere

jobber ofte under tidspress eller akkord, og at respondentene hadde det travelt når de besvarte undersøkelsen kan i dette tilfellet være den største feilkilden. Det er også lett å bli påvirket av andre når alle er samlet i et rom for å gjennomføre undersøkelsen. En snakker kanskje sammen, ser hva andre svarer, eller er redd at andre skal se hva de svarer. Dette kan påvirke resultatet ved at respondentene ikke svarer det de egentlig mener.

Intervju

Også i intervjuene ligger en feilkilde i tolkning av spørsmål og svar. Selv om intervjuene ble tatt opp og transkribert kan det likevel oppstå misforståelser som påvirker resultatet. En forventer at intervjuobjektene er ærlige under intervjuet, men det er umulig å vite om alt som blir fortalt er sannheten. Bredden i utvelgelsen av intervjuobjekt kan være en potensiell feilkilde. Utvalget kan være for lite til å kalles representativt, og resultatet kan dermed fremstilles skjevt. Det kan også være at de ulike intervjuobjektene gjennom intervjuet ønsker å fremstille sin bedrift best mulig, og derfor vinkle sine svar overdrevent positivt. Ved E-post-intervjuene forsvant muligheten til å tolke kroppsspråk samt å stille oppfølgingsspørsmål underveis. Dette gir større rom for tolkning av spørsmål og svar, og en kan miste noe av budskapet fra senderen.

Casestudie

En stor del av casestudiene i oppgaven består av spørreundersøkelser og intervju på byggeplasser. Feilkilder som omhandler disse er nevnt ovenfor. En annen potensiell feilkilde er at forfatterne har hatt deltidsjobb for Betonmast på det første case-prosjektet gjennom hele forskningsperioden. Det kan derfor ligge et ønske i underbevisstheten om å fremstille prosjektet som bedre enn det er, selv om forfatterne skal være objektive.

2.6 Alternative metoder

2.6.1 Direkte og deltagende observasjon

Når samme case skal følges over en lengre periode er det mulig å gjøre direkte og deltagende observasjoner. Som en direkte observasjon kunne en i dette tilfellet ha overvåket BIM-kioskene og notert for eksempel hvem som brukte dem, hvordan de ble brukt, og hvor de ble mest brukt. Det ble vurdert at denne metoden ville ta for lang tid, og at metoden kunne ha redusert bruken av BIM-kioskene dersom håndverkerne følte at de ble overvåket. Som en deltagende observasjon kunne en i dette tilfellet ha jobbet som håndverker på prosjektet, og på den måten sett nytten av BIM-kioskene fra håndverkerne sitt ståsted. Denne metoden hadde også tatt for lang tid, og det vil være større fare for at egen deltagelse i produksjonen hadde påvirket resultatet mye. Begge disse metodene er derfor forkastet.

2.7 Vitenskapelig artikkel

Som en stor del av denne masteroppgaven er det utarbeidet to vitenskapelige artikler i forbindelse med «The International Group for Lean Construction» (IGLC) sin lean-konferanse i Boston, USA, i juli 2016. Disse artiklene finnes i del 2 av masteroppgaven.

Det ble tidlig i skriveprosessen sendt inn sammendrag av to artikler til IGLC, hvorav begge to ble godkjent. Ti uker senere ble det levert to ferdigskrevne artikler for vurdering av komiteen hos IGLC. Begge artiklene fikk gode tilbakemeldinger (Vedlegg B). I skrivende stund er artiklene til siste evaluering hos komiteen for å vurdere om de kommer med på lean-konferansen i Boston i juli.

Arbeidsfordeling mellom forfatterne

Forfatterne som har bidratt til de vitenskapelige artiklene er, i rekkefølge:

- Aleksander Vestermo og Vegar Murvold, masterstudenter ved NTNU. Første- og andreforfatter på hver sin artikkel.
- Fredrik Svalestuen, medveileder NTNU/Veidekke og tredjeforfatter.
- Jardar Lohne, fjerdeforfatter NTNU.
- Ola Lædre, hovedveileder NTNU og femteforfatter.

Lædre og Svalestuen var pådriverne for at det skulle skrives artikler i forbindelse med oppgaven, og har derfor bidratt i skriveprosessen. De har bistått i utforming av forskningsspørsmål, omfangsbegrensning og ved valg av metode for datainnsamling. Videre har de kommet med gode råd underveis, og hjulpet til med språk og setningsoppbygningen. Svalestuen har også bidratt med forslag til litteratur og kontaktpersoner i Veidekke. Lohne har bidratt med å heve kvaliteten på artiklene ved å forbedre språket og setningsoppbygningen i artiklene. Vestermo og Murvold har utført analyse av data og gjennomført alle intervjuer og spørreundersøkelser. Alt av skrivearbeid er også utarbeidet av Vestermo og Murvold, samt arbeid med figurer og tabeller i artiklene. De er førsteforfatter på en artikkel hver, men begge forfatterne har skrevet like mye i begge artiklene.

Forfatterne har i tillegg vært i kontakt med Glenn Ballard og Rafael Sacks for tips og råd for artiklene. Dette er anerkjente forfattere innen lean construction og BIM. Sacks ble kontaktet på mail, og svarte med konstruktive tilbakemeldinger til artiklene, mens Ballard kom med sine kommentarer i et møte på NTNU, hvor alle forfatterne var samlet.

3 Teori

I Kapittel 3 Teori presenteres det teoretiske rammeverket i forbindelse med forskningen som er gjort i oppgaven. Kapitlet inneholder teori som er relevant for å få en forståelse av prosessen som omhandler implementering av BIM-kiosker i produksjonsfasen.

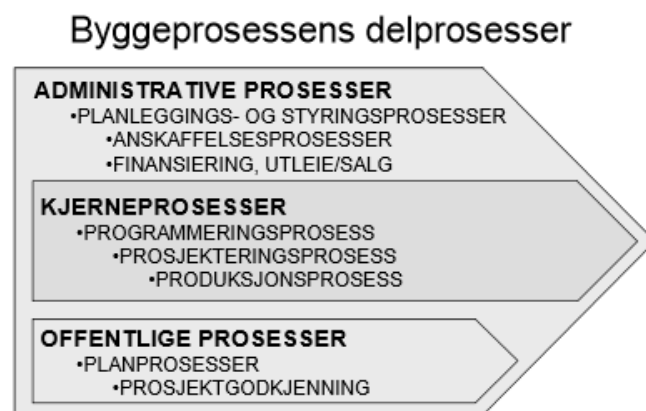
3.1 Byggeprosessen

Byggeprosessen er et vidt begrep som dekker en rekke delprosesser, og som kan være vanskelig å forstå. Dette kapitlet skal gi leseren en forståelse av hva som inngår i en byggeprosess, og hvor i byggeprosessen BIM-kiosker kan brukes som verktøy.

Byggeprosessen blir av Eikeland (2001) beskrevet på følgende måte:

«Byggeprosessen omfatter alle prosesser som fører fram til en eller en forutsetning for det planlagte byggverk».

Med dette menes at byggeprosessen består av en rekke delprosesser med ulik hensikt. Et bilde av hvordan byggeprosessens delprosesser kan grupperes er vist i figur 3. De administrative prosessenes hensikt er å administrere, planlegge og kontrollere byggeprosessen. De offentlige prosessene sørger for godkjenninger fra myndighetene, mens det er kjerneprosessene i byggeprosessen som er direkte ledd i produksjonen av bygget.



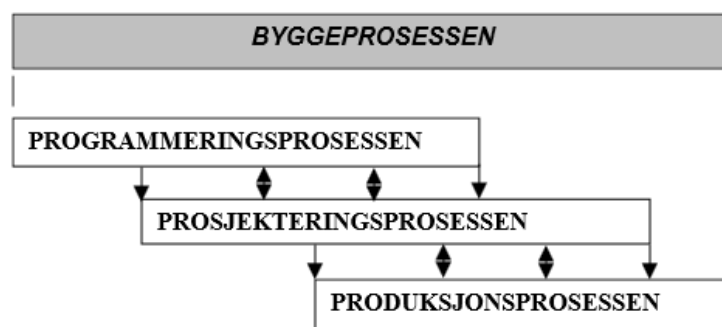
Figur 3: Byggeprosessens delprosesser (Eikeland, 2001)

Administrering, planlegging, organisering og styring er en naturlig del av organisasjoner, det samme gjelder i byggeprosjekter. Slike administrative prosesser løper parallelt med og påvirkes også av kjerneprosessene (Eikeland, 2001). Det første en starter med er planleggings- og styringsprosessene. Dette innebærer analyser av visjoner, mål, premisser og usikkerheter for å utarbeide og iverksette planer. Tid, aktører og øvrige ressurser blir tildelt så koordineringsbehovet kan beskrives. I byggeprosjekter er anskaffelsesprosessen den mest sentrale. Aktørene deltar i prosjektene på grunnlag av en omfattende kontraheringsprosess.

Utvelgelsen av kvalifiserte anbydere og tildeling skjer på grunnlag av kriterier som sikrer forutsigbarhet og gjennomsiktighet av konkurransen. Finansiering og utleie/salg er oppgaver som ikke finnes i prosjekter hvor prosjekteier bygger for å dekke egne behov. Hvis ekstern finansiering avgjør om prosjektet skal realiseres er finansieringsprosessen av stor betydning. Da vurderes prosjektets gjennomførbarhet, kostnader, inntekspotensialet ved utleie, markedsverdi samt usikkerheter knyttet til disse.

Innenfor offentlige prosesser skilles det mellom planprosesser og godkjenningprosesser. Planprosessene gir retningslinjer og bestemmelser om utnyttelse av landareal, mens godkjenningprosessene knyttet til et prosjekt er lovens begrep (Eikeland, 2001). Lover som har påvirkning på byggeprosjekter er spesielt plan- og bygningsloven og arbeidsmiljøloven. Innenfor planprosesser snakkes det om riksplanlegging, fylkesplanlegging, kommuneplanlegging, reguleringsplanlegging m.m. Prosjektgodkjenningprosesser omfatter konsekvensutredninger, byggemelding, byggetillatelse og brukstillatelse.

Kjerneprosessene i en byggeprosess omfatter programmeringsprosessen, prosjekteringsprosessen og produksjonsprosessen. Disse prosessene har beskrivelse eller produksjon av det planlagte bygget som sitt resultat (Eikeland, 2001). Programmeringsprosessen beskriver krav som skal tilfredsstilles av bygget, mens prosjekteringsprosessen beskriver byggets utforming og fysiske egenskaper. Sammen gir disse prosessene arbeidsgrunlaget for utførelsen på byggeplassen. Det er den fysiske utførelsen av bygget, produksjonsprosessen, denne oppgaven fokuserer på, og hvordan denne prosessen kan bli enda bedre. Selv om en gjerne sier at prosessene har en viss rekkefølge, er det i praksis ofte en overlapp i tid mellom kjerneprosessene. Dette er illustrert i figur 4.



Figur 4: Byggeprosessens kjerneprosesser (Eikeland, 2001)

Hovedgrunnen til at kjerneprosessene løper parallelt er å spare tid, spesielt ved overlapp mellom prosjekteringsprosessen og produksjonsprosessen. Et typisk eksempel er at grunnarbeider og råbygg kan utføres før alle innredningsløsninger er ferdig prosjektert. Overlapp av

programmeringsprosessen og prosjekteringsprosessen gir mulighet til å vurdere programkrav mot de konsekvenser som kommer frem gjennom prosjekteringen (Eikeland 2001). En kan også få verdifull informasjon fra entreprenører og leverandører som kan påvirke valg av løsninger i prosjekteringsprosessen. Informasjonsflyten mellom kjerneprosessene vil være avhengig av gjennomføringsmodell, kontraheringsprosesser og kontrakter, så dette er ikke alltid en mulighet. I tillegg påvirkes informasjonsinnholdet av aktørenes interesser, mål og verdier.

3.2 Kommunikasjonsteori

I byggeprosjekter er kommunikasjon sentralt, både horisontalt og vertikalt i bedrifter, og like viktig mellom samarbeidende entreprenører. Kommunikasjon er ikke så rett frem som en ofte tror, og dette kapitlet skal gi leseren forståelse for kommunikasjonsteori, samt hvorfor BIM-kiosker kan være en del av denne kommunikasjonen i byggeprosjekter.

Angeltveit et al. (2006) definerer kommunikasjon på følgende måter:

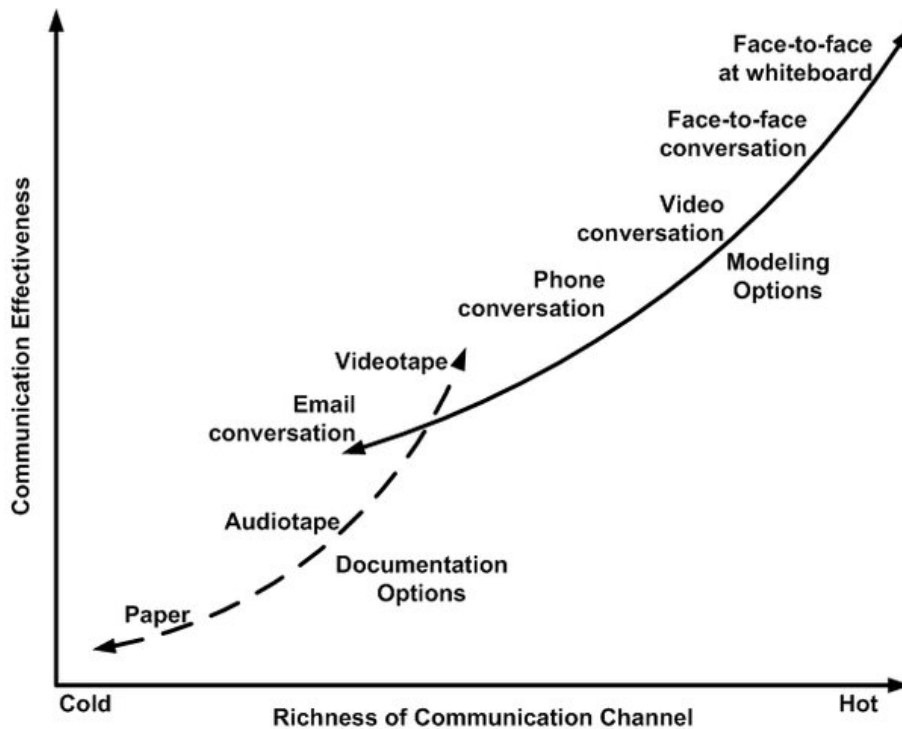
- All atferd er kommunikasjon, det vil si at det innebærer at alt vi gjør og sier når vi er sammen, er kommunikasjon.
- Kommunikasjon er overføring eller utveksling av informasjon gjennom et felles symbolsystem.
- Kommunikasjon er mye mer enn ord. Ett og samme budskap kan ha flere betydninger avhengig av når, hvor, hvordan og hvorfor noe sies.

Kommunikasjon er et vidt begrep og Granér et al. (1995) deler det opp i tre kategorier; verbal kommunikasjon, ikke-verbal kommunikasjon og symbolsk kommunikasjon.

- Verbal kommunikasjon er kommunikasjon ved hjelp av ord. Ord kan ha forskjellig betydning og ulik følelsesmessig verdi. Ord kan oppfattes som positive, negative eller nøytrale, alt etter hvilken personlig erfaring en har med ordene.
- Ikke-verbal kommunikasjon handler om det som ikke blir formidlet med ord, men med for eksempel kroppsspråket. Andre eksempler å formidle budskap på er via plassering i forhold til hverandre, forflytning, ansiktsuttrykk, pusting eller paraspråk som stemmeleie og tempo.
- Symbolsk kommunikasjon er formidling av budskap gjennom handlinger eller ytre kjennetegn. Dette kan for eksempel være handlinger som å gi bort gaver, eller måten vi kler oss på. Symbolsk kommunikasjon kan også være hvordan vi innreder hjemmet eller kontoret med for eksempel diplomer eller bilder av familien.

3.2.1 Kommunikasjonskanaler og støy

Kommunikasjonskanaler er den konkrete formidlingsveien for budskapet, for eksempel telefon, videokonferanser eller e-post. En oversikt over kommunikasjonskanaler, deres rikhet og effektivitet er vist i figur 5. Jo rikere en kommunikasjonskanal er, desto mer effektiv er den.



Figur 5: Rikhet av kommunikasjonskanaler (Ambler, 2002)

Den mest effektive måten å utveksle informasjon på er ansikt-til-ansikt, og enda bedre kombinert med artefakter som for eksempel whiteboard (Ambler, 2002). Med denne masteroppgaven er det også ønskelig å se på om BIM-kiosker kan være en slik artefakt som kan berike kommunikasjonen enda mer, og gjøre den enda mer effektiv.

Ulike former for støy kan oppstå i kommunikasjon i alle sammenhenger. Ekstern støy er den åpenbare typen støy, som uønskede lyder i og rundt kommunikasjonskanalen, og er relativt enkel å korrigere. Verre er det med intern støy. Intern støy går på hvordan budskapet kodes og dekodes i hodet til sender og mottaker (Østby-Delgum et al., 2013). Det skilles mellom fire typer intern støy:

1. Semantisk støy: Ulik tolkning av ord. Faglige sjargonger og metaforer kan føre til misforståelser.
2. Syntaktisk støy: Feil eller uklarheter i grammatikk og setningsoppbygging forstyrrer kommunikasjonen, for eksempel feil bøyning av verb.

3. Kulturell støy: Misforståelser på grunn av ulik kulturell bakgrunn, for eksempel utilsiktet fornærmelse av personer fra annet land eller religion.
4. Psykologisk støy: Mottakerens sinnsstemning virker inn på tolkning av budskapet. For eksempel sinne eller fordommer.

3.2.2 Kommunikasjon i byggeprosjekt

Kommunikasjon og kunnskapsdeling er nødvendig for alle bedrifter og organisasjoner. Effektiv kommunikasjonsflyt i et byggeprosjekt bidrar til å gjøre prosjektet mer oversiktlig, og kan dermed bidra til at prosjektet gjennomføres innenfor planlagte tid- og kostnadsrammer (Røsdal og Ørstavik, 2011). Kommunikasjon kan i byggeprosjekter ses på som overføring av informasjon. I byggebransjen er informasjon mangfoldig på grunn av et stort antall involverte parter, og omfatter blant annet kunnskap, data og teknologi. Det er denne informasjonen som må overføres til de riktige personene for at jobben skal kunne gjennomføres mest mulig effektivt. En prosjektleder i en bedrift kan ikke gjøre sin jobb på en effektiv måte med mindre han har nøyaktig, tidsriktig og relevant informasjon tilgjengelig som beslutninger kan baseres på (Tenah, 1986). Det samme gjelder for håndverkere ute på byggeplass. Dårlig kommunikasjon er en av de viktigste årsakene til at det oppstår feil under bygging (Atkinson, 1998). Mangel på god formell kommunikasjon som tegninger og spesifikasjoner har spesielt stor betydning, men også uformell kommunikasjon kan være årsak til feil. Uformell kommunikasjon pågår kontinuerlig, for eksempel i kantina eller i korridorene. For å forklare hva kommunikasjon i byggeprosjekt er, har Røsdal og Ørstavik (2011) beskrevet dette med noen viktige karakteristikk;

- Å kommunisere vil være å utjevne avstander. I bygging vil de ulike lokaliseringer til de involverte gjøre kommunikasjon over lengre avstander nødvendig i større grad enn i annen industri.
- 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. Bygging er ingen eksakt vitenskap og krever 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. Bygging kan sees som en serie transaksjoner mellom de forskjellige involverte parter. Å gjøre disse transaksjonene enklere har lenge vært ansett som nøkkelen hvis byggebransjen skal forbedre seg i fremtiden.»

En effektiv byggeprosess er avhengig av god kommunikasjon mellom prosjekterende og utførende. Denne oppgaven skal se nærmere på om BIM-kiosker kan forbedre denne kommunikasjonen, og dermed gjøre byggeprosessen bedre.

3.3 BIM

BIM har i mange år vært en viktig del av byggebransjen, og bruken av BIM er utviklet mye. BIM-kiosk er et eksempel på hvordan denne bruken er utviklet. Kapittel 3.3 BIM skal gi leseren en forståelse av temaet BIM, og hvordan det kan brukes i produksjonsfasen på byggeprosjekt.

Bygningsinformasjonsmodellering (BIM) slik som vi kjenner til det i dag ble lansert for over et tiår siden, og ble på den tiden sett på som en livredder for kompliserte byggeprosjekter. Med BIM kunne en rette feil tidlig i prosjekteringsfasen, og planlegge bygging med en mye bedre nøyaktighet (Kubba, 2012). Siden dette har det vært stor økning i bruken av BIM, og teknologien har fått flere bruksområder enn før. Til tross for utviklingen er BIM fortsatt relativt nytt, og bransjen har mye å lære.

BIM beskrives av The National Building Information Model Standard Project Committee på følgende måte:

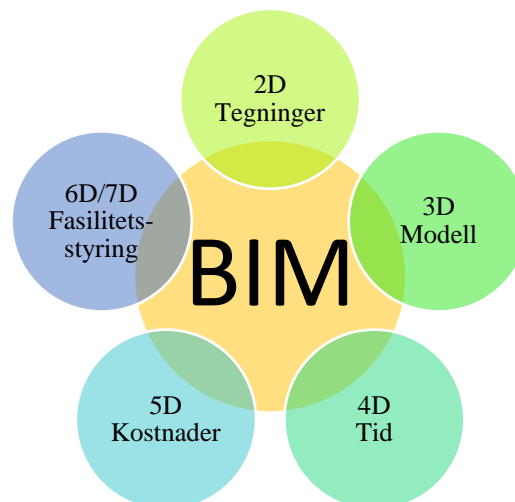
“Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition” (National Institute of Building Sciences, 2016).

Med dette menes at BIM er en digital representasjon av et bygg sine fysiske og funksjonelle egenskaper. «I» står for informasjon, og det er informasjonen som skiller BIM fra å være bare en 3D-modell. BIM er en ressurs for informasjon om et bygg, som et grunnlag for beslutninger i løpet av byggets livssyklus. Når informasjonen blir digitalisert på denne måten kan endringer skje koordinert, og de involverte kan hente ut den informasjonen de trenger.

BIM er tradisjonelt sett på som et prosjekteringsverktøy, og gir bedre muligheter for sammenligning av alternative løsninger og koordinering i prosjekteringsfasen. Bygningsinformasjonsmodellene som utvikles gjør det mulig å vurdere for eksempel omfang, byggekostnad, energibehov, driftskostnader og brukskomforten for bygget som planlegges. En detaljert modell gjør det enkelt å foreta sammenligninger og gjøre eventuelle endringer på et tidlig tidspunkt i planleggingen (BIM Pro, 2015). I prosjekteringsfasen lages 3D-modellen av bygningen. Modellen inneholder informasjon om alle objekter i bygningen, og ny informasjon kan legges til modellen gjennom hele byggeprosessen. Objektene har relasjoner mellom seg, og endringer som gjøres påvirker de relaterte objektene i modellen. Informasjonen som kan hentes ut deles gjerne inn i kategorier. Kensek (2014) omtaler disse kategoriene som BIM-dimensjoner.

3.3.1 BIM-dimensjoner

BIM har et stort potensiale utover de tre dimensjonene som former 3D-modellen. Det er vanlig å se på BIM som en samling av flere dimensjoner. Figur 6 viser en illustrasjon av de seks vanligste dimensjonene. I dette kapitlet forklares hva som menes med disse 6 dimensjonene.



Figur 6: BIM dimensjoner

BIM 2D: Tegninger

Med BIM 2D menes todimensjonale tegninger, for eksempel plantegninger og snitt. Selv om en ofte tenker på 3D-modeller når det er snakk om BIM er ikke 2D-tegninger overflødig. 2D-tegninger er i mange tilfeller bedre egnet enn en 3D-modell, spesielt til objekter som ikke har noen hensikt i 3D. Små detaljer som dørhengsler på alle dører i et skolebygg gir ingen nyttig informasjon. Slik unyttig informasjon vil også gjøre at filstørrelsen øker dramatisk. Et annet eksempel er tid og energi som kreves for å modellere. Isolasjon i vegger er et eksempel på

objekter som kan ta lang tid å legge inn i modellen, og derfor er vanlig å unnlate i 3D (Kensek, 2014). Dette gjør at 2D-tegninger fortsatt vil være en nødvendighet.

BIM 3D: Modell

Visualisering

Det er den tredimensjonale modellen en kaller BIM 3D, og ofte det som menes når en snakker om BIM. 3D-modellen legger en høydeakse til 2D-tegningen, og gjør det dermed mulig å visualisere bygningen i 3 dimensjoner, og lettere forstå byggets design. 3D-modellen er også et nyttig verktøy for å redusere feil i prosjekteringen. Det lages ofte flere 3D-modeller i prosjekteringsfasen. Ulike modeller med varierende kompleksitet, til ulike formål.

Kollisjonskontroll

To objekter kan aldri befinne seg på samme tid til samme sted. Dette er likevel mulig i BIM. Ved å kjøre kollisjonskontroller i BIM kan slike kollisjoner oppdages på et tidlig tidspunkt, og en unngår dermed ekstra tid og kostnader for å rette opp feil på byggeplass. Modellen oppdager også objekter som er plassert så nære hverandre at problemer kan oppstå. For eksempel rør i nærheten av konstruksjonsstål, hvor en eventuell brannbeskyttelse på stålet ville kunne kollidere med rørene. Kollisjonskontroll er spesielt nyttig i den komplette 3D-modellen, når alle fag er slått sammen til samme modell. Dette er derfor spesielt aktuelt i produksjonsfasen, når alle fag er ferdig prosjektert. Kollisjonskontroller er kanskje det mest nyttige verktøyet BIM tilbyr. Kensek (2014) hevder at kostnaden for å implementerer BIM kan bli fullstendig dekket bare av besparelsene en oppnår ved kollisjonskontroll i BIM.

Prefabrikkering

Dagens BIM inneholder så mye informasjon at de i stor grad kan benyttes til prefabrikkering. Dette virker kostnadseffektivt og øker produktiviteten ved at mer arbeid kan utføres før en kommer til byggeplassen. Bygningsdelene kan så monteres effektivt når de ankommer byggeplassen. Produsenter av prefabrikkerte bygningsdeler regnes som en av de gruppene som har størst nytte av å koble produksjonsprosessene opp mot BIM (Bysheim et al., 2012).

BIM 4D: Tid

Animasjoner

Å legge til dimensjonen «tid» muliggjør visualisering av fremdrift og animasjoner. Solstudie er en animasjon en kan benytte seg av ved å se på bygningen over tid, for eksempel en dag eller et år. Gjennom denne animasjonen kan sol- og skyggeforholdene studeres. Animasjon som en presentasjon av prosjektet er også vanlig. Dette kan simulere hvordan det er å gå inne i en bygning eller kjøre langs en vei.

Fremdrift

For å visualisere fremdrift kan 3D-modellen oppdateres etter hvert som arbeid blir gjort, og modellen viser status sammenlignet med opprinnelig plan. Modellen kan også brukes til å lage fremdriftsplaner i 4D. Å bruke BIM til fremdriftsplanlegging kan være tid- og kostnadsbesparende, og gi bedre kontroll og kvalitet (BuildingSMART, 2012). BIM kan gi en grafisk fremstilling av fremdriftsplanen, og gir en fordel når en evaluerer gjennomførbarheten.

BIM 5D: Kostnad

I BIM er det relativt lett å lage lister over ulike objekter som vinduer og dører, samt kalkulere mengder, volum og overflater. Ved å legge inn kostnad for de ulike objektene kan en omtrentlig total kostnad for bygget beregnes på et tidlig tidspunkt i prosjekteringsprosessen. Jo mer detaljert disse listene er, desto bedre blir prisanslaget. Dette gjør det mulig å sammenligne ulike materialvalg med tanke på kostnad. Det er avgjørende at både BIMen og prisdatabasen er til å stole på for å beregne en korrekt total kostnad.

Mengdeberegning på den tradisjonelle måten er svært tidkrevende og en stor kilde til feil. Autodesk (2007) anslår at mellom 50 og 80 % av tiden en bruker på et kostnadsestimat på denne måten går med til mengdeberegning. Ved å gjøre kostnadsestimeringen i BIM kan kalkulatorer bruke mindre tid på mengdeuttak, og mer tid på å vurdere byggbarhet og kompleksitet ved montering av de ulike objektene.

BIM 6D og BIM 7D: Fasilitetsstyring

De to siste dimensjonene er kjent som 6D og 7D. Betydningen kan variere noe, men Kensek (2014) beskriver BIM 6D som en modell som inneholder informasjon om prosjektets livssyklus. Denne modellen blir vanligvis overlevert når prosjektet er ferdigstilt. Den kan inneholde analyser av energi, belysning og andre simuleringer. BIM 7D beskrives som modeller som inneholder informasjon om byggets forvaltning, drift og vedlikehold (FDV).

3.3.2 Hvordan implementere BIM

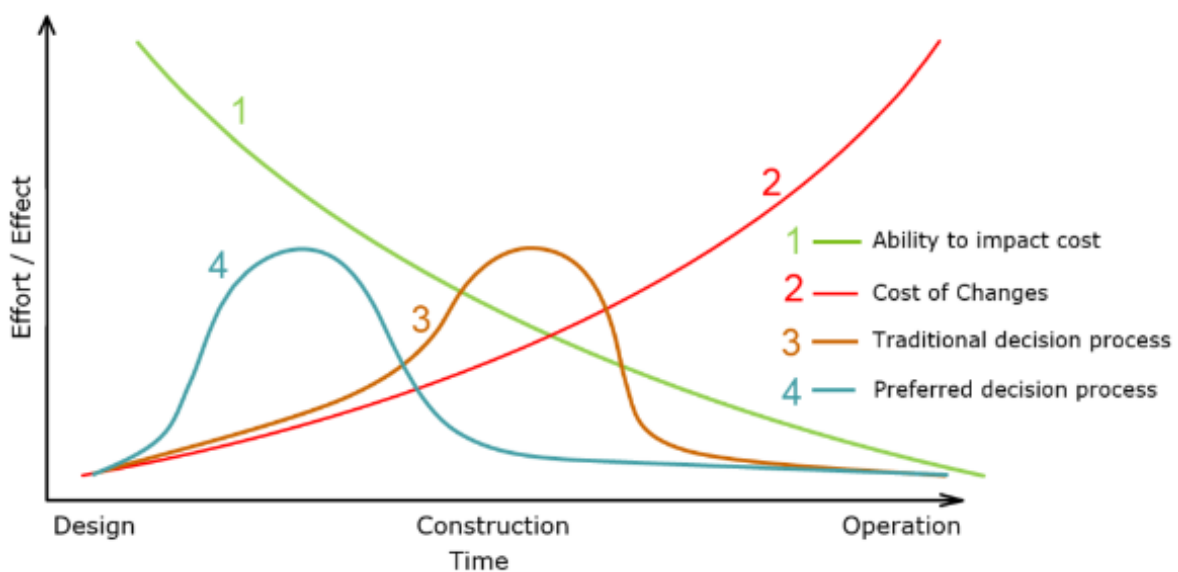
Byggebransjen er kjent for å ha en viss motstand mot å ta i bruk ny teknologi. Motstanden er spesielt tydelig på byggeplasser (Scott et al., 1994). For å kunne utnytte potensialet til BIM og oppnå fordeler som økt fortjeneste, tidsbesparelse og mindre feil må det jobbes med implementeringen i bedriftene. Ved å ta i bruk BIM-kiosker i produksjonsfasen må BIM implementeres blant arbeiderne på byggeplass, ikke ulikt hvordan implementering av BIM foregår i de andre fasene av et byggeprosjekt. Flere forfattere og forskere har tatt for seg hvordan en kan implementere BIM i bedrifter. Nedenfor følger en liste med viktige punkter

som bør følges for å få en suksessfull implementering av BIM (Eastman et al., 2011, Hardin, 2011, Kensek, 2014).

1. **Identifisere en BIM-leder.** I likhet med en byggeleder må en BIM-leder administrere og legge til rette for alle prosesser som er nødvendige for å implementere og administrere BIM. Dette innebærer å koordinere all informasjon fra arkitekter, rådgivende ingeniører og underleverandører. Denne personen bør være flink til å lære og motivere de som jobber i samme BIM prosjektgruppe.
2. **Identifisere mål.** Det må identifiseres mål for hva en ønsker å oppnå med BIM. Dette gjelder i alle prosjektfaser.
3. **Planlegge.** Det må planlegges i henhold til tid og kostnader. Planen bør inkludere kostnad av programvarer, maskinvarer og ekstra mannskap. Det bør lages en opplæringsplan og dokumenter som forklarer bedriften hvordan BIM vil bli implementert.
4. **Forberedelse.** Innføring av BIM kan føre til endringer i arbeidsprosesser og organisering, derfor er det viktig å være forberedt på endringene som kommer. Et eksempel kan være å gjøre seg kjent med standarder og formater relatert til BIM, for eksempel BIM-manualer.
5. **Investering.** Det må velges brukervennlige BIM program. BIM-filer krever stor kapasitet på PC-en, så det må investeres i maskinvare. Det er viktig å ha oversikt over hvor mye bedriften har råd til å bruke på investeringen i BIM.
6. **Opplæring.** En bør lære opp BIM-lederen og noen utvalgte ildsjeler først. Hold opplæring på mindre prosjekt og utvid etterhvert. Det bør holdes jevnlig opplæring i bedriften slik at man holder seg oppdatert på nye metoder og programvarer.
7. **Hold deg til planen, men vær fleksibel.** Implementeringsprosessen kan potensielt ta år, og det er viktig at planen forblir fleksibel dersom det er nye programvarer som kommer på markedet. En må tilpasse seg etter programvarene som stadig endres.
8. **Analyser implementeringen.** Finn ut hvordan BIM forbedrer eller ikke forbedrer prosessen.

Implementering av BIM krever en stor endring i arbeidspraksisen sammenlignet med tradisjonelle design og samarbeidsprosesser (Light, 2011). Implementeringen av BIM innebærer endringer i arbeidsprosesser, kompetanse og organisering, men fører også med seg

avgjørende fordeler. En av de viktigste fordelene med BIM er kostnadsbesparelsene som kan oppnås ved reduksjon av uforutsette problemer underveis i prosjekteringsfasen. Bedre forståelse av prosjektet bidrar til å redusere problemer som oppstår senere i prosjektet, og problemer som løses på et tidligere tidspunkt vil koste betydelig mindre enn retting av feil som oppstår senere (Morin et al., 2014). Figur 7, «McLeamys kurve», illustrerer denne muligheten til å kunne redusere prosjektkostnadene ved å ha et godt beslutningsgrunnlag tidligere i prosessen. Patrick Macleamy trakk i 2004 et sett av kurver basert på sin observasjon: Et prosjekt blir vanskeligere å endre jo lenger ut i prosjektet man kommer (CURT, 2004).



Figur 7: MacLeamys kurve (Morin et al., 2014)

Om en starter tidlig med BIM i prosjekteringsfasen vil en ha større mulighet til å påvirke kostnader og funksjonelle muligheter. BIM trekker prosjektets interessenter sammen tidligere, slik at hver part kan koordinere sine innspill og skape en mer helhetlig tilnærming til prosjekteringen. Ved å implementere BIM i produksjonsfasen kan en også her oppnå lignede effekt ved at problemer kan løses tidligere enn før. BIM gir en unik mulighet til visualisering og samarbeid på tvers av fag som gjør det lettere å oppdage eventuelle problemer underveis i produksjonsfasen. Ved å finne problemene tidlig reduseres kostnaden for utbedringer. En ulempe med å ta alle beslutninger tidlig er at en kan gå glipp av de beste løsningene. Det kan være lurt å bruke BIMen til å illustrere konsekvensene av valg, og derved vise hvilket valg som er best.

Mye av fokuset på implementering og utvikling av BIM har vært på programvareverktøy og teknologien som kreves (Miettinen og Paavola, 2014). Utdanningsprogram og kursing innen bruk av BIM har som oftest fokus på programvarer og tekniske elementer (Sacks og Pikas,

2013). Det har blitt viet lite oppmerksomhet til de ikke-tekniske egenskapene til de som skal bruke BIM, både på kontoret og ute på byggeplassen. Dette mener Zhao et al. (2015) derimot er en viktig del av BIM-prosessen, og noe som viser seg å være ettertraktet i arbeidslivet. Flere forskere har sett på hvordan en kan introdusere BIM til bedrifter, og hvordan en kan lage et rammeverk for BIM i utdanningen (Gaspar og Manzione, 2015, Sacks og Pikas, 2013). Deres forskning har bakgrunn i en undersøkelse gjort av Teicholz og Sacks (2011), på det sosiale nettstedet LinkedIn. I en gruppe ved navn «BIM Experts», som per mai 2016 har nesten 50.000 medlemmer, ble det spurt om følgende:

- Hva er din mening om passende innhold for utdanning i BIM?
- Hvilke ferdigheter i BIM ser du etter hos arkitekter og ingeniører?
- Bør/kan utdanning i BIM ta plassen til tekniske tegnekurs?
- Kan utdanning i BIM brukes til å forbedre tverrfaglige samarbeidsevner?

Mange med variert bakgrunn, utdanning og interesser tok del i denne undersøkelsen. Undersøkelsen førte til noen konklusjoner: Det var behov for en balanse mellom det grunnleggende innen BIM, og en helhetsforståelse av programvarene. Et annet punkt var at når en skulle lære BIM måtte en ta hensyn til erfaringen til personen. Det kreves en forståelse for hva som skal bygges, og hvordan det kan realiseres. Det siste punktet som ble dratt frem var mellommenneskelige ferdigheter. BIM krever et samarbeid mellom mennesker som har variert utdanning, bakgrunn og interesser. Derfor er det et behov at BIM-opplæring også har fokus på holdning og samarbeidsegenskaper. Davies et al. (2015) så på hvilke mellommenneskelige ferdigheter som er viktig for å få til en god BIM-prosjektgruppe. Gjennom deres forskning ble det intervjuet 45 BIM spesialister fra forskjellige bedrifter. De personlige egenskapene som presenteres nedenfor er basert på intervjuer fra denne forskningen. Resultatet kan også knyttes opp mot bruken av BIM i produksjonsfasen, da denne bruken krever de samme mellommenneskelige ferdighetene som i prosjekteringsfasen.

Kommunikasjon

En god BIM-prosjektgruppe er flink til å kommunisere med hverandre. Ikke bare muntlig kommunikasjon, men også tekst som mail og andre beskjeder. Med kommunikasjon menes evnen til å formidle informasjon på en enkel måte uten å dra ut i lange diskusjoner.

Forhandling og konflikthåndtering

Kollisjonsoppdagelse i BIM kan føre til konflikter mellom ulike parter i prosjektet. Når dette skjer blir hvert medlem i BIM-prosjektgruppen involvert i en konflikt som de må løse gjennom forhandlinger. Om f.eks. et ventilasjonsrør krasjer med el-føringer fører det til en konflikt

mellom de rådgivende ingeniører innen ventilasjon og elektro. Da må de sammen med resten av gruppen prøve å forhandle for å finne en god løsning.

Autoritet og Lederskap

Hvert medlem i BIM-prosjektgruppen må kunne være i stand til å lede utviklingen av sine bidrag. Om et gruppemedlem er nølende eller usikker i sin rolle, er det en risiko for at andre vil kunne overstyre og ta kontroll over prosessen. Da risikerer man at nye bidrag ikke kommer til.

Holdning

En må være åpen for læring og utvikling, og en må se etter forbedringer på nåværende praksis. En må også ha selvtillit og kunne stole på egne ferdigheter. Flere av intervjuobjektene hadde historier om ansatte eller kollegaer som ikke var villig til å delta på BIM-prosjekt da de ikke stolte nok på sin egen kompetanse.

3.3.3 BIM til byggeplass

Selv om BIM er et sett på som et verktøy i prosjekteringsfasen, har BIM også et stort potensiale i produksjonsfasen og driftsfasen. En bygningsinformasjonsmodell kan inneholde informasjon om samtlige bygningsdeler, og føre til mer effektiv forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av bygg i driftsfasen. Kapittel 3.3.1 BIM-dimensjoner beskriver hvordan BIM kan benyttes til visualisering, mengdeberegning, fremdriftsplanlegging, kollisjonskontroll m.m. Alle disse er funksjoner en kan benytte seg av i både i prosjektering- og produksjonsfasen (Eastman et al., 2011). Selv om dette er bruksområder for BIM i produksjonsfasen er disse vanligvis forbeholdt funksjonærer ved anleggskontoret. For å utvikle bruken av BIM i produksjonsfasen videre er det ønskelig å flytte BIM fra kontoret og ut til byggeplassen, der jobben gjøres, for at informasjonen skal finnes der den trengs. Chen og Kamara (2008) hevder at den mest effektive måten for håndverkere å skaffe seg informasjon på byggeplassen er å hente eller å fange opp informasjon på det punktet der de er, akkurat når de trenger det. Det er forsøkt å flytte BIM ut på byggeplass på flere måter. Eksempler på dette er nettbrett, BIM i container, BIM på byggeplassen (BIM-kiosk), samt spesielle miljø laget for å se på BIMen, som for eksempel en BIM-hule. I en BIM-hule er det gjerne flere skjermer eller prosjektorer som er satt opp og tilpasset for å lage en virtuell virkelighet i hulen. Med BIM på byggeplassen kan arbeiderne få muligheten til å få en bedre forståelse av det planlagte prosjektet. Dette skyldes muligheter for visualisering og en større grad av samarbeid mellom arbeiderne.

BIM kan bidra til en bedre byggeprosess med en større grad av prefabriksjon, forbedret arbeidsflyt, reduserte varelagre og økt samarbeid (Alarcon et al., 2013). Det kan være utfordrende å ta med seg BIM fra prosjekteringsfasen til produksjonsfasen. Noen av de

vanligste barrierene er: Programvare og maskinvareproblemer, kulturelle barrierer, kontraktsmessige og juridiske aspekter, mangel på engasjement, manglete opplæring og mangel på etterspørsel (Alarcon et al., 2013). Sammenlignet med de positive sidene med å implementere BIM i produksjonsfasen er utfordringene relativt få.

I neste kapittel blir det sett nærmere på tidligere forskning på bruken av BIM og andre informasjonskanaler ute på byggeplass.

3.3.4 Tidligere forskning på bruk av BIM og informasjonskanaler på byggeplassen

Forskning har vist at tilgjengelig informasjon ute på byggeplass virker å være for dårlig. Hewage og Ruwanpura (2006) startet i 2003 et arbeid med å kartlegge problemet med for dårlig informasjon på byggeplass. De gjorde feltobservasjoner, intervjuer og spørreundersøkelser på til sammen åtte større byggeprosjekter i Canada, over en tidsperiode på to år. Noen av resultatene de identifiserte var:

- Mange håndverkere sa at det var mangel på klarhet på informasjon som gjaldt tekniske detaljer.
- Håndverkerne ønsket en mulighet til å kunne se 3D og 4D (3D med tidslinje) tegninger, teknisk informasjon, sikkerhetsinformasjon, væroppdateringer, og annen informasjon relatert til prosjektet.
- Nesten alle som ble intervjuet kunne fortelle at det var vanskelig å få tilgang til oppdatert informasjon fra ledelsen/brakkeriggen. Baser og formenn brukte ca. 15 % av sin totale arbeidstid på å gå mellom brakkerigg/kontor og arbeidsplassen.
- Nesten alle håndverkene uttrykket at de ikke var klar over hvordan sluttproduktet skulle bli.

Det ble derfor konkludert at det var behov for en informasjonskiosk som kunne vise oppdatert informasjon. De utviklet det de kalte for i-Booth. Dette var et rammeverk for kommunikasjon, designet for å gi arbeiderne på byggeplassen oppdatert informasjon. På i-Booth kunne en hente ut oppdaterte tegninger, tekniske spesifikasjoner, 3D-tegninger, HMS-beskjeder, tidsplaner arbeidsdemonstrasjoner m.m. I-Booth ga positive resultater i form av økt produktivitet, mindre feil og fornøyde håndverkere (Ruwanpura et al., 2012).

I 2012 initierte Skanska et prosjekt for å øke samhandlingen i ulike deler av byggeprosesser med BIM som katalysator. Prosjektet ble kalt «Sam-BIM». Dette er et pågående prosjekt med prosjektpartnerne Skanska (prosjekteier), Statsbygg, LINK Arkitektur, Multiconsult,

forskningsstiftelsen Fafo, NTNU og SINTEF Byggforsk (NTNU, 2016). I forbindelse med dette prosjektet gjennomførte Bråthen og Moum (2015) et forskningsarbeid på BIM-kiosker på byggeplass. De samlet erfaringer fra bruken av BIM-kiosk på Skanska sitt prosjekt, Urbygningen på Ås. Dette var et rehabiliteringsprosjekt som ble påbegynt i 2014. Statsbygg var byggherre på dette prosjektet, og krevde fem BIM-kiosker på ulike steder på prosjektet (Statsbygg, 2012). Gjennom observasjonsstudier, dokumentstudier og intervjuer kunne de dokumentere at BIM-kioskene ble mye brukt og ga positive resultater, spesielt for håndverkerne innenfor elektro og ventilasjon. Den største fordelen med tilgang til BIM på byggeplassen var muligheten til å visualisere bygget i 3D. De trakk også frem bedre samarbeid som en stor fordel med BIM-kiosken, både mellom fagene og internt i samme fag. I 2015 mottok dette prosjektet innovasjonsprisen «beste BIM-idé», på konferansen Den Kloke Tegning, for BIM-kioskene på prosjektet (Bygg.no, 2015). Skanska har i dag flere prosjekter der det benyttes BIM-kiosker. De har sett en verdi i dette og har valgt å satse videre på BIM-kiosker.

Davies og Harty (2013) studerte implementeringsprosessen av «SiteBIM» i et casestudie av et stort sykehusprosjekt i Storbritannia. Der ble det brukt nettbrett for å få tilgang til prosjektets BIM ute på byggeplassen. Modellen ble automatisk oppdatert så lenge nettbrettet var koblet opp til nettverket på byggeplassen. En kombinasjon av nettbrett på byggeplass og tradisjonell dokumenthåndtering på kontor ga positive resultater, som avfallsreduisering og reduisering i kostnader for serviceinstallasjoner. Harstad et al. (2015) har også forsket på bruk av nettbrett i produksjonsfasen. De så på hvordan nettbrett kan forbedre kommunikasjon på byggeplass. Fordelene de fant ved bruk av nettbrett er oppsummert i tabell 9.

Tabell 9: Fordeler ved bruk av nettbrett (Harstad et al., 2015)

Fordeler ved bruk av nettbrett	
Lett tilgang på informasjon	Oppretter en ny linje av kommunikasjon
Øker forståelsen	Raskere beslutningsprosesser
Mindre printing og distribusjon av papir	Reduserer tiden brukt på rapportering
Miljøgevinster	Forbedrer dokumentasjon og rapportering
Reduserer unødvendige bevegelser	Lett å bære med seg
Redusere feil på grunn av gamle tegninger	Redusert tid brukt på overvåkningsoppgaver

Scott et al. (1994) hevder at byggeplasser ofte har en tydelig motstand mot å ta i bruk ny teknologi. Dette er et resultat også i Harstad et al. (2015) sin forskning, da det viste seg at en del håndverkere hadde liten motivasjon for å lære seg nye verktøy på byggeplassen. Harstad et al. (2015) understreker derfor viktigheten med tilstrekkelig veiledning og opplæring når nye

verktøy skal introduseres på byggeplasser. Dette var også et fokusområde på Skanska sitt BIM-kiosk-prosjekt (Bråthen og Moum, 2015). Brukerne fikk opplæring ved BIM-kiosken i oppstartsfasen. Dette førte til at BIM-kiosken ble mye brukt, og brukerne fant den informasjonen de var ute etter. Mäki og Kerosuo (2015) forsket på bruk av BIM på byggeplass på to byggeprosjekt i Finland. Også de fant positive effekter. Forfatterne understrekte i tillegg at bruken ble redusert på grunn av manglende informasjon i modellen, manglende mobile verktøy og håndverkere som ikke vet hvordan de skal bruke verktøyet.

Det er lett å tenke at jo mer informasjon brukerne har tilgjengelig, desto bedre. Dette er ikke riktig. Før man setter ut BIM-kiosker, informasjonskiosker, eller tar i bruk andre informasjonskanaler i et prosjekt bør en ifølge Ruwanpura et al. (2012) undersøke følgende:

- Hvilken informasjon er nødvendig for arbeidsplassen?
- Hvilken form bør informasjonen ha?
- Hva er tidsaspektet til den nødvendige informasjonen?

Dersom det er for mye informasjon tilgjengelig på byggeplassen kan det redusere effekten, da brukerne ofte bruker mye tid på å finne fram til det de trenger. Van Berlo og Natrop (2015) analyserte et konsept hvor de brukte BIM for å generere tegninger tilpasset den aktuelle oppgaven for håndverkerne. Ideen bak dette var å «... gi håndverkerne all informasjon de trengte til oppgaven, men ikke noe mer». Dette konseptet bidro til god kommunikasjon mellom anleggsleder og håndverkere.

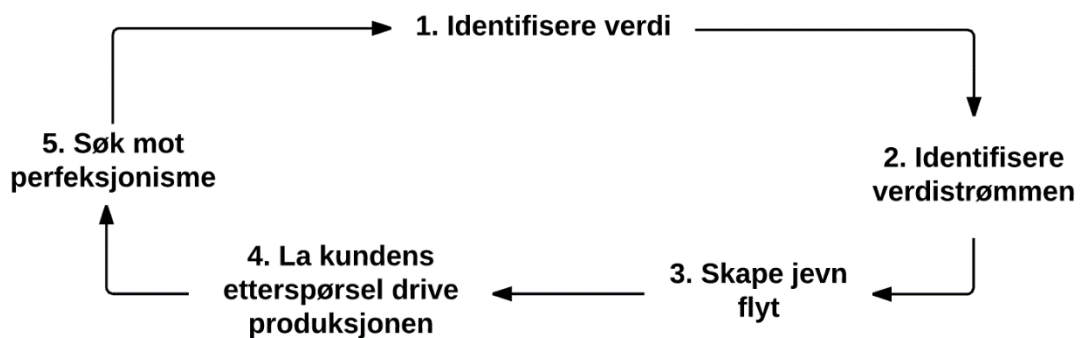
Ulike tilnærminger til BIM på byggeplassen har blitt prøvd, og det er vanskelig å si om noe er bedre enn noe annet. I-booth, BIM-kiosker og nettbrett er alle eksempler på hvordan en kan få informasjon ut til byggeplassen. Med BIM på byggeplassen har en mulighet til å visualisere bygget i 3D, og oppnå en bedre forståelse av sluttproduktet. Bruk av BIM på byggeplassen er nytt for de fleste, og en implementering vil innebære en kulturendring i bransjen. Selv om BIM ikke er egnet for alle byggeprosjekter, krever noen byggherre at bestemte bygninger utformes med BIM. Når et verktøy som BIM blir tatt i bruk i designfasen, er det nesten bortkastet om det kun skal være reservert for byggeledelsen i produksjonsfasen.

Basert på gjennomgangen av tidligere forskning kan en se at det fortsatt er en begrenset mengde forskning på bruk av BIM på byggeplass. Mer forskning er nødvendig for å kunne konkludere hva arbeidere på en byggeplass kan bruke BIM til, og hvilken verdi det kan tilføre byggeprosessen.

3.4 Lean

Det finnes ulike verktøy for å forbedre produksjonsfasen, som BIM-kiosker er et eksempel på. Lean er en filosofi som også ønsker å forbedre produksjonsprosesser. BIM-kiosker og lean-filosofien har mange fellestrekk, disse fellestrekkene ses det nærmere på i kapittel 4.3. På grunn av fokuset på lean blir begreper knyttet til lean-filosofien forklart nærmere i dette kapitlet.

Lean-filosofien kommer opprinnelig fra Toyota Production System (TPS). Denne filosofien sies å være grunnen til Toyota sin suksess som bilprodusent, og har derfor skapt stor interesse blant resten av verden. Lean-filosofien brukes til å forbedre produksjonsprosesser ved å redusere sløsing, dette blir kalt lean production. Med fokus på å forbedre produksjon har Womack og Jones (1996) oppsummert lean-tilnærmingen til fem hovedprinsipper, se figur 8.



Figur 8: Lean-hovedprinsipper

Disse prinsippene er kort forklart under.

1. Identifisere hva som er verdi for kunden. Dette elementet kan bare defineres av kunden for hvert produkt.
2. Identifisere verdistrømmen. En skiller mellom verdiskapende og ikke-verdiskapende aktiviteter i prosessen, for så å fjerne ikke-verdiskapende aktiviteter og fremheve de som skaper verdi.
3. Skap jevn flyt. Når man har forstått kundens behov og funnet de verdiskapende aktivitetene kan man begynne å forbedre prosessene og skape en flyt i produksjon.
4. Skape et pull-system ved å effektivt innhente og bearbeide etterspørsel fra kunder. Ved å søke informasjon hos kunden og endre tilnærming etter det, vil en oppnå bedre resultater.
5. Søk mot perfektjonisme. Utvikle og endre prosessene i kontinuerlig jakt på perfektjon. En skal jobbe mot å eliminere sløsing.

3.4.1 Transformasjon, flyt og verdi

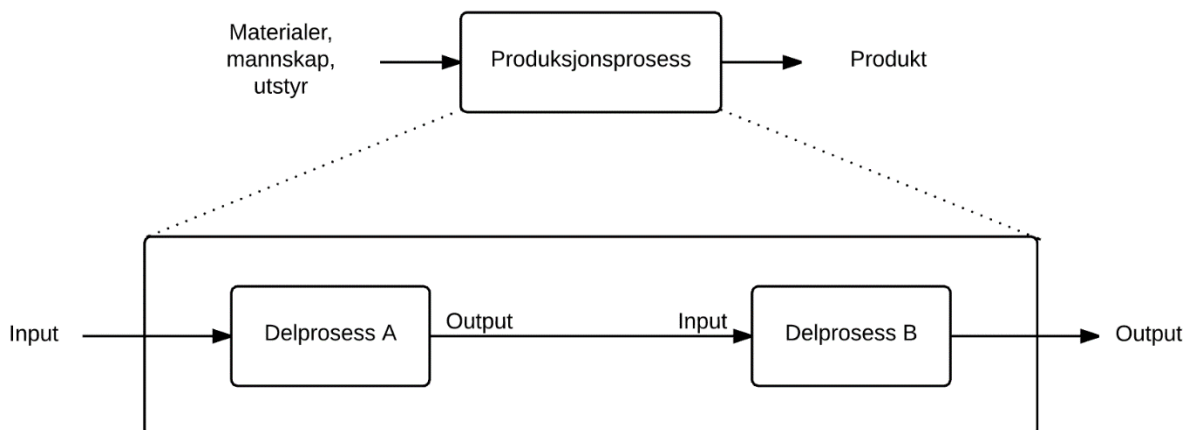
Koskela (2000) undersøkte i sin doktorgradsavhandling hvordan Lean Production-filosofien kunne anvendes og tilpasses til byggebransjen. I avhandlingen tar han for seg denne implementeringen på en grundig måte, og presenterer tre ulike konsepter for produksjon:

- Transformasjon
- Flyt
- Verdi

Disse konseptene er forklart i de neste avsnittene, og har alle utgangspunkt i Koskelas doktoravhandling.

Transformasjon

Transformasjonsprosessen er prosessen hvor input transformeres til outputs. Ideen er presentert i figur 9 og viser hvordan en bryter opp den totale transformasjon til mindre, mer håndterlige transformasjoner, bestående av delprosesser.



Figur 9: Transformasjonsprosess, fritt etter Koskela (2000)

For å kunne utføre dette poengterer Koskela (2000) at alle aktivitetene må være uavhengig av hverandre. Dette er sjeldent tilfelle i byggeprosjekter, og en kan da benytte buffere mellom aktivitetene for å få det til. En buffer håndterer variabilitet i produksjonssammenheng. Det kan være kapasitet, inventar og/eller tid.

Flyt

Flyt i prosessen kan beskrives som det som skjer mellom de verdiskapende oppgavene. Dette kan sees på som ikke-verdiskapende aktiviteter, kalt sløsing. Ohno (1998) identifiserte de følgende syv ikke-verdiskapende aktivitetene, hvor de første fem refererer til materialflyt, og de to siste refererer til arbeidsflyt:

1. **Overproduksjon:** Dette vil si å produsere mer enn det som er nødvendig, for eksempel å utarbeide 10 forskjellige tegninger når en trenger bare to.
2. **Overprosessering:** Med dette menes å tilføre mer kvalitet til et produkt enn det som er påkrevd. For eksempel ved å benytte materialer av høyere kvalitet enn kunden forventer.
3. **Inventar:** Dette kan være oppbevaring av deler, material eller utstyr før det trengs. Dette kan medføre kostnader i leie av lagringsplass, tap i verdi på grunn av endring i marked m.m.
4. **Defekter:** Med dette menes produkt eller tjenester som ikke oppfyller kravet til kvalitet. Dette vil medføre sløsing av kostnad og tid på grunn av omarbeid.
5. **Transport:** Dette kan være transport som flytting av personer, produkter eller informasjon. Et eksempel på dette er unødvendig flytting av materialer på grunn av dårlig logistikk.
6. **Unødvendig bevegelse:** Dette kan være sløsing ved å måtte lete etter riktig verktøy, informasjon eller materialer, eller å måtte gå omveier på grunn av rot.
7. **Venting:** Med dette menes arbeidere som venter på at foregående arbeider skal bli ferdig, eller venting på nødvendig informasjon og materialer for å kunne utføre jobben.

For å eliminere sløsing og sørge for at produksjonsprosessen består av verdiskapende aktiviteter, trekker Koskela (2000) frem prinsipper som reduksjon i leveringstid og variabilitet. Leveringstid blir forklart på følgende måte: For å eliminere sløsing og sørge for at produksjonsprosessen består av verdiskapende aktiviteter, trekker Koskela (2000) frem prinsipper som reduksjon i leveringstid og variabilitet. Leveringstid blir forklart på følgende måte:

Leveringstid = behandlingstid + kontrolltid + ventetid + forflytningstid

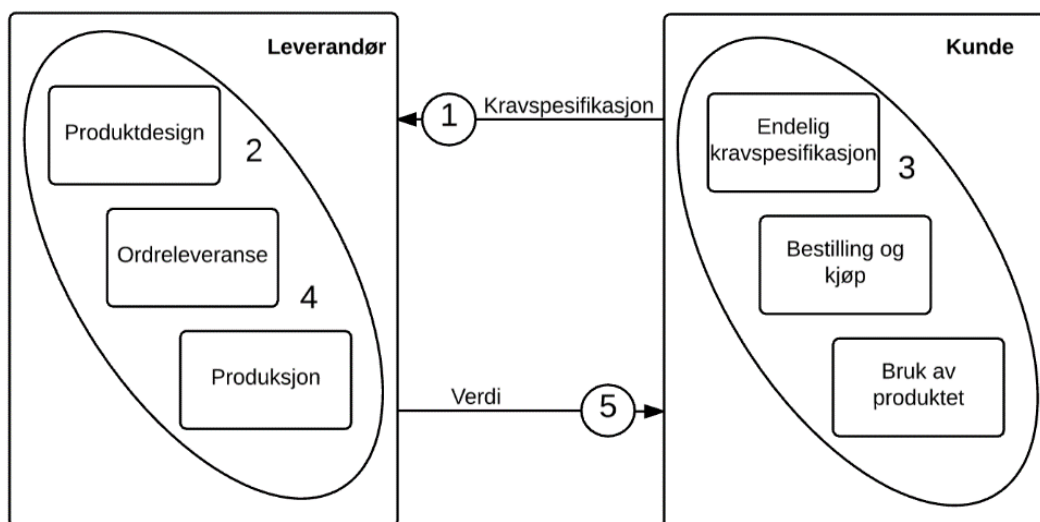
I tillegg tar Koskela (2000) for seg seks prinsipper som kan forbedre flyten i produksjon:

1. Redusere andelen ikke-verdiskapende aktiviteter (sløsing)
2. Redusere leveringstiden (tid fra bestilling til leveranse)
3. Redusere variasjon (for eksempel forskjell i tidsforbruk på hver arbeidsstasjon)

4. Forenkling (for eksempel ved å redusere antall deler og sammenkoblinger i produktet)
5. Øke fleksibiliteten (for eksempel ved å lære opp arbeidere til å utføre flere oppgaver)
6. Øke gjennomsiktigheten (for eksempel ved å synliggjøre flyten av aktiviteter for arbeiderne)

Verdi

Det tredje aspektet, verdi, setter kunden i fokus. Verdien defineres av kunden og blir forklart som et gode eller en tjeneste som fyller kundens behov, til en gitt pris og et gitt tidspunkt. Kunden skal definere kravet slik at det er mulig å legge til rette for å gi kunden det han ønsker. Kunden skal være i fokus gjennom alle produksjonsfasene (Koskela, 2000). Videre beskriver Koskela (2000) fem prinsipper som skal sikre en god verdisyklus, se figur 10.



Figur 10: Prinsipper relatert til verdiskapning, fritt etter Koskela (2000)

Nummereringen i figuren refererer til hvordan syklusen foregår, og blir forklart på følgende måte:

1. Sikre at kundens krav blir identifisert
2. Sikre at relevante krav fra kunden er kjent i alle produksjonsfaser, for å hindre at informasjonen forsvinner under utviklingen.
3. Sikre endelige krav og ønsker slik at leveransen blir ivaretatt for alle involverte i kundekretsen.
4. Sikre at produksjonssystemet klarer å produsere det som er nødvendig.
5. Sikre at det skapes tilfredsstillende verdi for kunden ved bruk av målinger.

Koskela (2000) konkluderer med at denne TFV-teorien kan forbedre byggebransjen når de tre aspektene blir sidestilt. Denne teorien har stått sentralt i utviklingen av Lean Construction og The Last Planner System™(LPS™), utviklet av Ballard og Howell (1994). Koskela (2000) konkluderer med at denne TFV-teorien kan forbedre byggebransjen når de tre aspektene blir sidestilt. Denne teorien har stått sentralt i utviklingen av Lean Construction og The Last Planner System™(LPS™), utviklet av Ballard og Howell (1994).

Lean Construction er en filosofi basert på konsepter av Lean Production. Koskela et al. (2002) definerer lean construction som:

”A way to design production systems to minimize waste of materials, time, and effort in order to generate the maximum possible amount of value” (Michigan State University, 2008).

Med dette menes å håndtere og forbedre byggeprosessen, og lønnsomt levere det kunden trenger. Fordi det er en filosofi, kan Lean Construction anvendes og tilpasses gjennom en rekke ulike tilnærminger, for eksempel LPS™.

3.4.2 Last planner System

LPS™ er en teori som dreier seg om planlegging, gjennomføring og kontroll (Ballard, 2000). De 5 nøkkelprensippene i LPS™ er oppsummert av Daniel et al. (2015): (1) sikre at oppgaver er planlagt i økende detalj jo nærmere oppgaven nærmer seg (2) sikre at oppgavene er planlagt med dem som skal utføre dem (3) identifisere hinder som må fjernes før oppgaven kan utføres (4) sikre at løfter som er gitt er sikre og til å stole på (5) kontinuerlig lære av feil som oppstår slik at en hindrer fremtidig tilbakefall.

I Last Planner System starter en å planlegge aktivitetene bakover i tid fra en spesifikk milepæl. En jobber da med å omforme arbeid som burde gjøres, til arbeid som faktisk kan gjøres, og lager deretter ukeplaner med arbeidsoppgaver der alt ligger til rette for at de lar seg gjennomføre.

Last Planner System består av fire typer planer (Ballard, 2000):

- **Hovedplan/milepælsplan:** Milepælsplanen er basert på kontraktene og viser de viktigste milepæler og faser i prosjektet. Dette er øverste nivå i fremdriftsplanen og inneholder få detaljer, men tydeliggjør hva som må gjøres.
- **Periode-/faseplan:** En velger seg en stor milepæl og jobber seg bakover fra den. Det kalles bakoverplanlegging, og en samler alle aktører som skal inn i fasen slik at en unngår konflikter i planleggingen. Det er lettere å oppdage problemområder når alle er samlet og jobber mot samme mål.

- **Utsnittsplann/utviklingsplan:** En utsnittsplann er en del av faseplanen på gjerne 4-8 uker. I denne planen ser en hva som kan gjennomføres ved å se hvilke ressurser og mannskap en har tilgjengelig.
- **Arbeidsplan:** En arbeidsplan er gjerne en plan for bare en uke om gangen. Hver uke blir det arrangert ukentlige last planner møter som ser på hva som skal gjøres neste uke. Alle aktiviteter som planlegges inn i en arbeidsplan må avsluttes i den uken de er planlagt. De store aktivitetene fra de grove planene ovenfor deles opp slik at de passer inn i arbeidsplanen.

LPS™ har ifølge Ballard (2000) to funksjoner: kontroll av arbeidsflyt, og kontroll av produksjonsenhet.

Kontroll av arbeidsflyt koordinerer flyten av materiell, design og installasjon mellom produksjonsenheter gjennom en utviklingsplan, som strekker seg et visst antall uker frem i tid avhengig av prosjekt. En utviklingsplan i LPS™ inneholder aktiviteter og gjennomførelse av hindringsanalyse. En hindringsanalyse skal sile ut aktiviteter som ikke er «sunne». Måten en gjør dette på er å splitte opp en aktivitet i flere og bedre definerte aktiviteter som vil egne seg bedre på den ukentlige arbeidsplanen. I følge Ballard (2000) kan eksempler på punkter i en hindringsanalyse for et byggeprosjekt være:

- Mannskap, nok og med riktig faglig sammensetning
- Materialer må være på plass
- Materiell og utstyr må være tilstede
- Tidligere arbeid må være avsluttet
- Tilgjengelig informasjon som tegninger
- Tilstrekkelig plass til å utføre arbeidsoppgaver
- Ytre forhold må tillate gjennomføring

Planlegging etter LPS™ skal føre til at prosjektlederen kommer i forkant av det uforutsette i stedet for i etterkant. I følge Ballard (2000) gjøres **kontroll av produksjonsenhet** hovedsakelig ved å benytte ukentlige arbeidsplaner og Prosent Plan Utført (PPU). PPU er antallet aktiviteter gjennomført delt på totalt antall planlagte aktiviteter. Man får da en indikasjon på hvor god kontroll produksjonsenheten har.

3.4.3 Taktplanlegging

Ved taktplanlegging planlegges arbeidet slik at produksjonen kan gå med jevn fart fremover, som et tog. Byggeplassen deles inn i soner, hvor kun ett arbeidslag jobber til enhver tid. Hvert

arbeidslag er tildelt en gitt tid i sonen for å ferdigstille sitt arbeid, før neste lag tar over. Det er satt en fast gjentakende varighet på aktivitetene, slik at en oppnår en jevnt og forutsigbar prosess. Det legges ikke inn buffere mellom aktivitetene, det kreves derfor god planlegging for å unngå forsinkelser som påvirker etterfølgende aktiviteter.

Taktplanlegging er opprinnelig et lean production konsept hvor målet er å sørge for at kundens behov er oppfylt (Lean Enterprise Institute, 2016). Frandson et al. (2013) definerer takttid som: *The unit of time within which a product must be produced (supply rate) in order to match the rate at which that product is needed (demand rate)*. En optimalisering av takttiden kan bidra til å redusere sløsing og forbedre effektivitet ved å eliminere risikoen for tidsforsinkelser eller overflødig produksjon. Frandson et al. (2013) presenterer en prosess for implementering av taktplanlegging. Prosessen krever flere gjentakelser og er delt inn i følgende seks faser:

1. Samle data: Dette blir vanligvis gjort med LPS™ for å identifisere hvordan, av hvem og i hvilken rekkefølge enhver oppgave bør gjøres.
2. Fordele arbeidsstasjoner etter soner: Hver sone skal inneholde oppgaver som har samme produksjonshastighet
3. Fordele etter fag: Involverende planlegging med alle parter som er ansvarlige for gjennomføring av oppgavene.
4. Balansere arbeidsfordelingen: Identifisere kritiske oppgaver og sørge for at disse ikke forsinkes prosjektet.
5. Beregne tid for hver oppgave: Det kreves at en har gjort dette før slik at en kan fastslå varigheten for hver oppgave så nøyaktig som mulig
6. Planlegg i forhold til takttiden: En må ha kontroll over prosessen for å kunne gjøre tiltak raskt ved variasjon i takttiden til hver oppgave

3.4.4 Lean og BIM

Sacks et al. (2010) påpeker at BIM og lean construction er tema det er forsket mye på. Det ser likevel ut som at det er lite forskning rundt synergien mellom disse to. Khanzode et al. (2006) prøvde gjennom sin forskning å vise en synergi mellom «Virtual Design and Construction» (VDC) og «Lean Project Delivery System» (LPDS). Det ble bevist i forskningen at implementering av VDC forbedrer LPDS når det blir implementert i rett fase. Det er interessant å se om synergien mellom BIM-kiosker og lean construction kan ha en lignende positiv effekt i produksjonsfasen på byggeprosjekter. I denne oppgaven er det sett nærmere på syv lean

construction-prinsipper som kan linkes til BIM-kiosk-egenskaper. De syv prinsippene er tilpasset fra Sacks et al. (2010) sin forskning. De presenterte i sitt arbeid 56 hypoteser som viser hvordan BIM og lean construction hører sammen. Forfatterne hevder i artikkelen at BIM kan redusere variabilitet i både produkt, prosess, syklustid og fleksibilitet. Ikke alle prinsippene fra forskningen til Sacks et al. (2010) er relevant for synergi mellom lean construction og BIM-kiosker. De utvalgte prinsippene er presentert i tabell 10. Da dette er internasjonalt kjente prinsipper er det valgt ikke å oversette prinsippene til norsk, bare forklaringen.

Tabell 10: Lean-prinsipper

Lean-prinsipper
<p>Go and see for yourself</p> <p>Dette er et «going to gemba» prinsipp fra japansk forretningsstrategi som betyr «gå til den virkelige plassen». Gemba referer til plassen hvor verdi skapes (Imai, 1997). Prinsippet går ut på at for å virkelig forstå situasjonen må en gå til gemba (Liker, 2003)</p>
<p>Standardize</p> <p>En standardisering av arbeidsprosesser reduserer variabilitet og bidrar til kontinuerlig forbedring (Womack og Jones, 2003).</p>
<p>Visual management</p> <p>Med «visual management» oppnås en visuell kontroll av produksjon, kvalitet og organisering på arbeidsplass (Greif, 1991). Målet er at visualiseringen skal være gjenkjennelig av alle. Dette er en av de originale «just-in-time»-prinsippene (Koskela, 1992).</p>
<p>Reduce variability</p> <p>Ved å redusere variabiliteten reduseres også andelen ikke-verdiskapende aktiviteter (Koskela, 1992).</p>
<p>Reduce cycle time</p> <p>Med dette menes å redusere tiden det tar å utføre en arbeidsprosess ved å eliminere ikke-verdiskapende aktiviteter og redusere variabiliteten (Koskela, 1992).</p>
<p>Cultivate an extended network of partners.</p> <p>Med dette menes å utvide nettverket av samarbeidspartnere. Dette kan føre til bedre samarbeid på tvers av fag i byggeprosjekter (Sacks et al., 2010).</p>
<p>Decide by consensus, consider all options</p> <p>Ved å øke antall involverte i beslutninger får en mer kunnskapsgrunnlag å ta beslutninger på. En får flere forslag og meninger, og øker derfor sjansen for at den beste beslutningen blir tatt. Prinsippet kommer fra praksisen hos Toyota (Liker, 2003).</p>

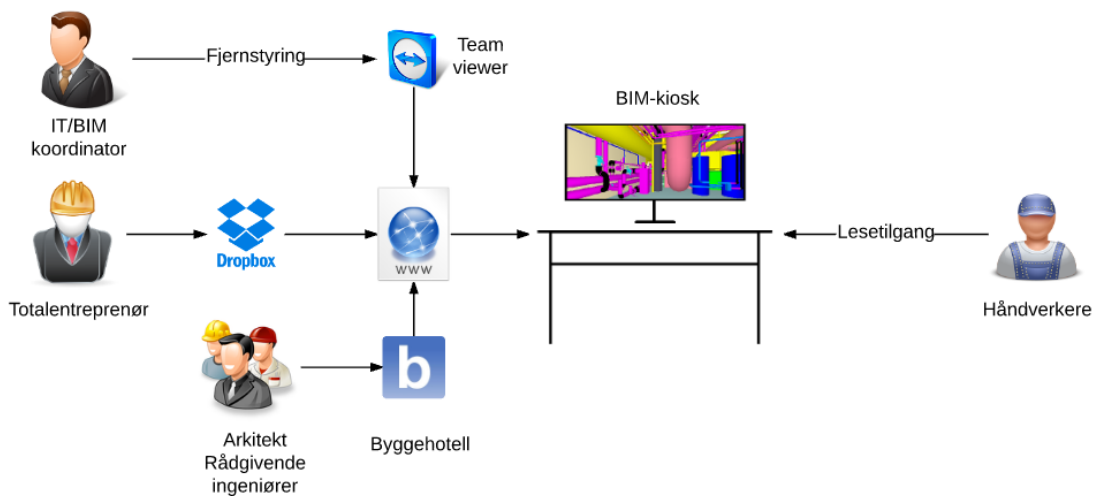
4 Resultat og diskusjon

I kapittel 4 Resultat og Diskusjon presenteres alle funn fra forskningsarbeidet som er utført, samt tilhørende diskusjoner. Funnene er i hovedsak basert på resultater fra casestudier, spørreundersøkelser, og intervju.

4.1 Hva en BIM-kiosk er, og hva den kan brukes til

En BIM-kiosk kan best karakteriseres som et informasjonsverktøy. Det er vanligvis en datamaskin som er koblet til en TV-skjerm, som arbeiderne kan bruke ute på byggeplassen. Denne datamaskinen kan de benytte for å enkelt visualisere og bestemme hvordan praktiske problemer på byggeplassen kan løses. Om nødvendig kan BIM-kiosken fjernstyres fra prosjektkontoret for å se etter problemer eller for å oppdatere datamaskinen. Ved å synkronisere BIM-kiosken mot prosjekthotellet vil den tilgjengelige informasjonen på BIM-kiosken alltid være oppdatert.

En illustrasjon av informasjonsflyten hos Betonmast og sammenhengen mellom programmene til BIM-kiosken er illustrert i figur 11.



Figur 11: Informasjonsflyt ved bruk av BIM-kiosk (Betonmast)

Hensikten med BIM-kiosker er å øke tilgjengeligheten av informasjon, og inkludere flere aktører som kan ha begrenset informasjon. Ved tilgjengeliggjøring av all informasjon ute på byggeplassen slipper fagarbeiderne å gå tilbake til brakken, og tiden som går med på å skaffe nødvendig informasjon reduseres. BIM-kiosker gjør det mulig for prosjektdeltakerne å få tilgang til informasjon om prosjektet, for eksempel 3D-modell, 2D tegninger, dokumenter og beskrivelser. En kan ta ut mengder, hente HMS-informasjon, samt vise instruksjonsvideoer og montasjeanvisninger til de som skal gjøre jobben på byggeplassen. BIM-kiosken kan fungere som et samlingspunkt for samarbeid internt og mellom ulike fag, og kan bidra til koordinering

og problemløsning ved hjelp av enklere visualisering. I tillegg kan BIM-kiosker sammen med A3 printer og arbeidsbord gjøre det mulig for arbeiderne å ta med seg informasjon fra BIM-kiosken. En BIM-kiosk er åpen for alle og vil være tilgjengelig for alle som skal utføre et arbeid i prosjektet.

Det finnes flere måter å utforme en BIM-kiosk på. I de neste underkapitlene presenteres data fra 5 entreprenører, med blant annet deres løsninger på design og programvare.

4.1.1 Entreprenør Betonmast Trøndelag

Betonmast fikk idéen til utforming av BIM-kiosken fra Skanska. Skanska hadde tidligere brukt BIM-kiosker på sitt skoleprosjekt på ÅS. Statsbygg hadde et ønske om at denne kiosken skulle oppgraderes til å tåle slag, støv og være mobil. Det ble dermed brukt en del tid på å finne en god løsning i forhold til dette. Den ansvarlige fra Betonmast hadde inspirasjon fra lys- og scenearbeid, og valgte derfor en transportkasse fra Capro. Capro er en totalleverandør av transportkasser, og de bidro til utviklingen av designet til BIM-kiosken som Betonmast bruker i dag. Kassen, som vist i figur 12, er en låsbar kasse med pleksiglass som er mobil og lett å flytte rundt på byggeplassen. Denne kassen blir så plassert oppå en sokkel som produseres på byggeplassen. Den komplette BIM-kiosken er vist i figur 13.



Figur 12: Transportkasse fra Capro (Betonmast)



Figur 13: BIM-kiosk Betonmast

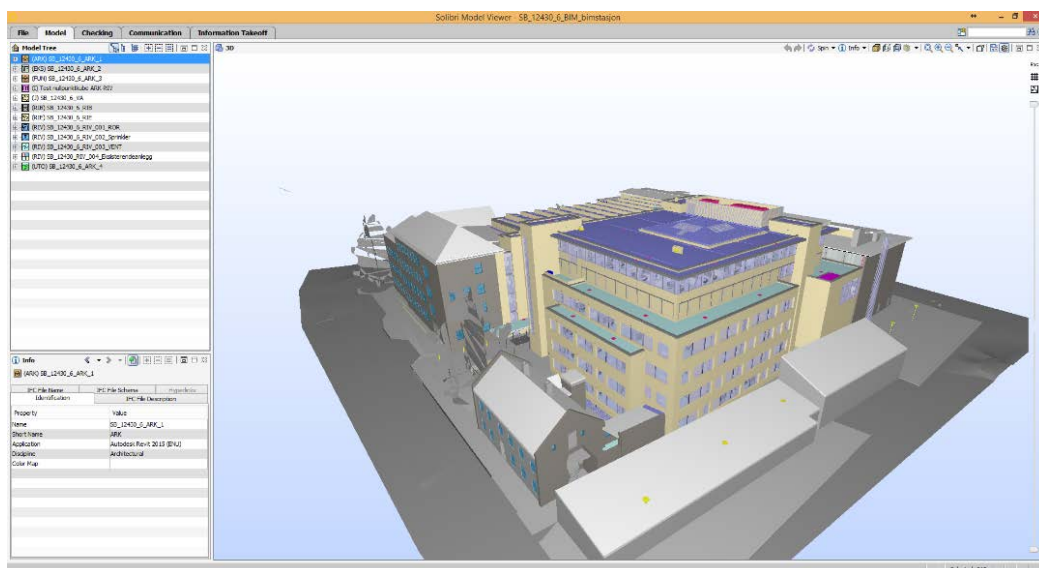
Det har vist seg at også det nye designet har sine svakheter. Den er ikke støvtett, så det kommer støv inn bak pleksiglasset som gjør at pleksiglasset må skrues av og tørkes med en støvklut om

det skal holdes rent. BIM-kiosk-ansvarlig på HiST Teknologibygget var ikke fornøyd med designet på BIM-kiosken, men med lite tid og ressurser måtte han gjøre det beste ut av situasjonen. Selv om BIM-kiosken er mobil, er den fortsatt ganske tung. Det kreves to personer for å løfte BIM-kiosken opp på sokkelen. I starten av prosjektet fungerte pc-ene veldig bra for Betonmast, men det viste seg at de ble tregere med tiden da BIMen ble mer kompleks og sammensatt av mange fag. I tillegg krevde innføring av BIM-kioskene en del arbeid, blant annet for å sette opp pc-ene med programvarer, brukergrensesnitt og funksjoner som omstart hver natt og begrensning av tilgang til internett. Betonmast har valgt å legge opp provisorisk internettkabel inn til BIM-kioskene for at disse kan kobles på nett.

Programmer til BIM-kiosken

Dette kapittelet tar for seg programvarene som blir brukt på BIM-kioskene på prosjekt HiST Teknologibygget, og hvilke funksjoner som finnes i disse. Programmene vil bli presentert på et overordnet nivå, og det er tatt utgangspunkt i utgivers egen beskrivelse av programvaren.

Solibri Model Viewer er et gratisprogram for å åpne og vise alle standard IFC og Solibri Model Checker filer, som er filformater for utveksling av BIM. programmet benyttes for å vise 3D-modellen av bygget. Solibri ble valgt til BIM-kiosken da Betonmast hadde gode erfaringer med programmet fra tidligere prosjekt. De prosjekterende benyttet også det samme verktøyet, så dette ble et naturlig valg. Programmet har meget gode visuelle egenskaper og det er enkelt å navigere seg rundt i modellen. Figur 14 viser oppstartsvinduet for modellen til HiST Teknologibygget.



Figur 14: Solibri Model Viewer - HiST Teknologibygget (Betonmast)

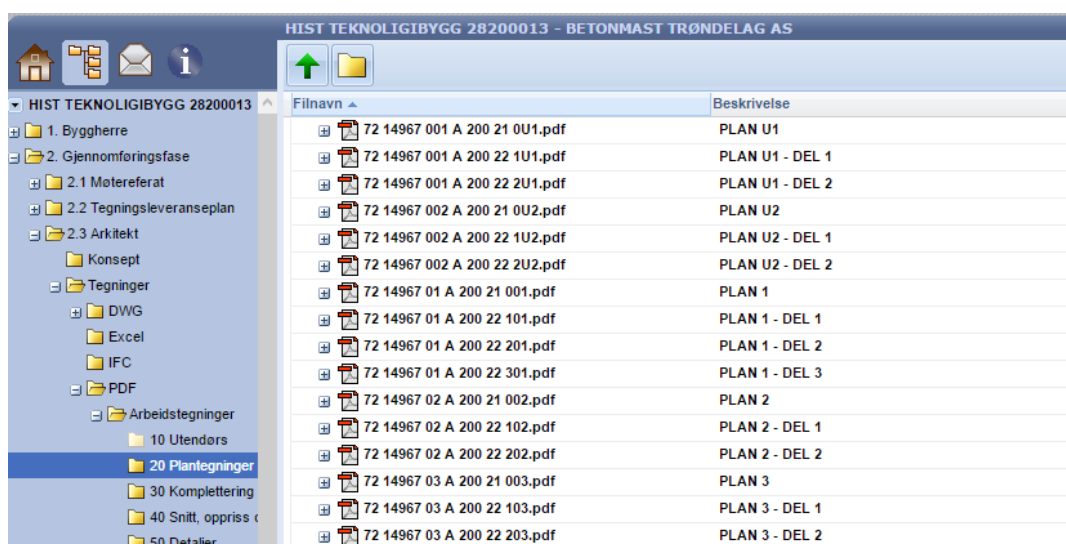
Det er mulig å filtrere modellen slik at man får den visningen en er ute etter. I dette programmet er det ikke mulig å gjøre endringer i modellen. Oppdatering skjer en gang i uken ved at

oppdatert modell blir lagt i Dropbox. Maskinen starter på nytt en gang i døgnet for å sikre at modellen er oppdatert hver morgen. Solibri er satt til å starte opp automatisk når datamaskinen starter.

Dropbox er et skylagringssystem for lagring og deling av bilder, dokumenter, videoer og andre filer. Dropbox lar brukerne opprette en egen mappe på sine datamaskiner, som deretter synkroniseres slik at samme mappe (med innhold) vil være tilgjengelig for alle datamaskiner som er knyttet til samme konto. Da alle BIM-kioskene er koblet til den samme Dropbox-kontoen er det veldig enkelt å sende oppdatert informasjon til kioskene. Her lagres BIMen og bilder til skjermsparer.

Teamviewer er en programvarepakke for fjernstyring av datamaskin, videosamtaler, deling av skrivebord, og filoverføring mellom datamaskiner. Programmet gjør det mulig for IT-ansvarlig å ta kontroll over BIM-kiosken fra sitt kontor.

Byggnet er en web-basert plattform, også kjent som webhotell eller prosjekthotell, som benyttes av Betonmast til å oppbevare informasjon om prosjektet. Det er tilgjengelig for prosjekterende, entreprenør og byggherre over internett for opplasting og nedlastning av informasjon, som tegninger, beskrivelser og andre dokumenter. Inne på Byggnet finnes de siste oppdaterte tegningene, og alle som har tilgang kan da laste ned den tegningen de måtte ønske. Figur 15 viser hvordan layouten til Byggnet ser ut. Når arbeidere ute på byggeplassen har tilgang til dette prosjekthotellet vil de alltid kunne finne oppdatert informasjon når de måtte trenge det.



Figur 15: Byggnet (Betonmast)

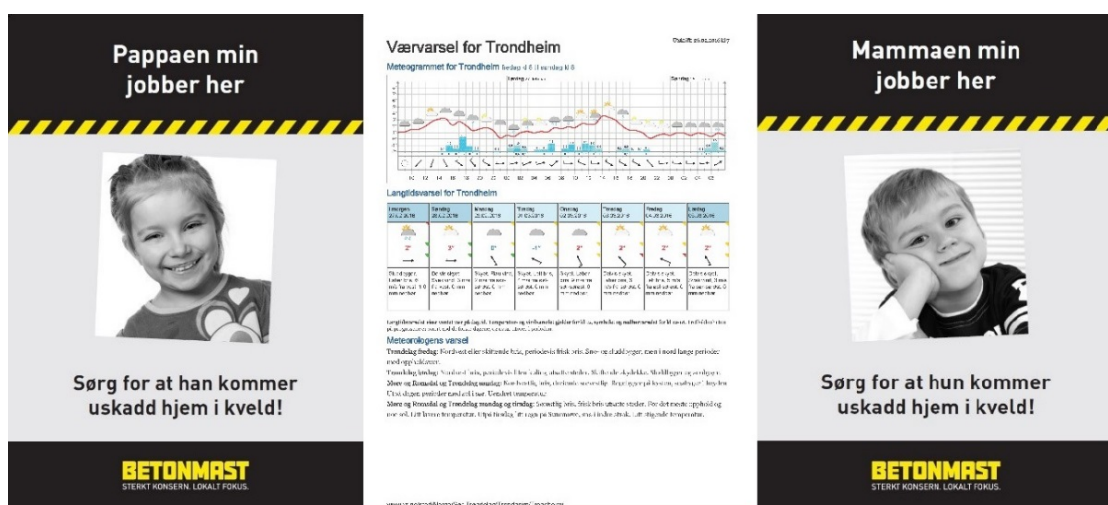
Skrivebordsbakgrunnen til BIM-kiosken som er vist i figur 16, består av hyperlinker til forskjellige tegninger som finnes på Byggnet. Hyperlinker kobler brukeren til en nettside, eller et annet dokument. Tegningene er delt opp i flere underkategorier som: Arkitekt, RIB, elektro,

RIV, glasstegninger, brannplaner, lydplaner og riggplaner, noe som gjør det enklere å finne frem. Det finnes også informasjon over været i Trondheim for den aktuelle dagen, med link til nettsiden Yr.no. Det er også innført et avvikssystem i Betonmast som en kan gå til via denne siden. I dette avvikssystemet er det mulig å registrere RUH (Rapport om Uønsket Hendelse) og andre avvik.



Figur 16: BIM-kiosk skrivebordsbakgrunn (Betonmast)

Skjermsparer er satt til å aktiveres etter ett minutt med inaktivitet. Da kommer det opp informasjon i form av bilder. Eksempler på dette er vist i figur 17 og kan være værvarsel, HMS-budskap, riggplan, vareleveringsplan eller annen informasjon. Dette er en enkel måte for ledelsen å få informasjon og beskjeder ut til byggeplass. Ved å lage forskjellige mapper i Dropbox er det mulig å tilpasse bildene til de forskjellige BIM-kioskene, slik at kun den nødvendige informasjon blir vist der den trengs.



Figur 17: Skjermsparer BIM-kiosk (Betonmast)

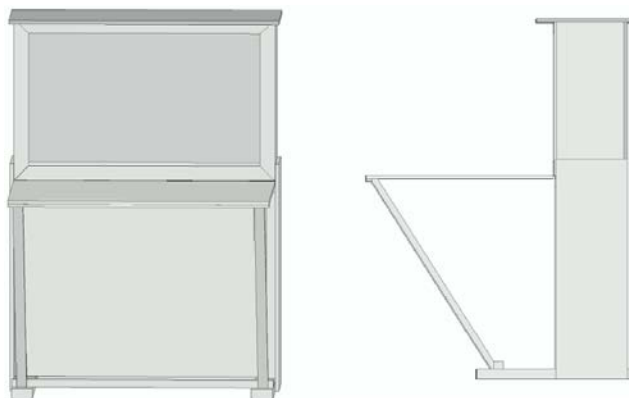
Tabell 11 viser en oppsummering over forskjellige funksjoner, hvilke formater som benyttes og hvordan de oppdateres til BIM-kioskene på prosjekt HiST Teknologibyg.

Tabell 11: Informasjonstyper, formater og oppdatering i BIM-kiosk

Type	Format, program	Oppdatering
3D modell	Solibri Model Viewer	Ukentlig via Dropbox
2D tegninger	PDF	Byggnet
Spesifikasjoner	MS Word, PDF	Byggnet
Vareleveringsplan	Skjermsparer	Via Dropbox ved behov
Værinformasjon	Skjermsparer, hyperlink	Daglig via Dropbox
Riggplan	Skjermsparer, hyperlink	Ved behov
Avvikssystem	Hyperlink	Ved behov
HMS-budskap	Skjermsparer	Ved behov

4.1.2 Entreprenør Skanska

Den første BIM-kiosken Skanska laget var en hjemmesnekret trekasse som vist i figur 18. Den besto av en pc koblet til en 50-tommer skjerm i et støvtett og låsbart skap. Skanska benyttet en 4G-ruter for å koble BIM-kiosken på nett. Denne BIM-kiosken var lite mobil, og det ble raskt funnet ut at den var for stor, tung og vanskelig å bruke.



Figur 18: BIM-kiosk, 1. generasjon Skanska (Hanna og Simensen, 2015)

Det er nå laget en prototype hos UCO, et datterselskap av Skanska. UCO er en utleie- og serviceleverandør som betjener kunder i det profesjonelle marked (UCO, 2016a). Denne BIM-kiosken er lagd ved hjelp av en verktøyvogn som vist i figur 19. En 32-tommer skjerm ligger i lokket bak pleksiglass, og kommer frem når lokket åpnes, som vist i figur 20. Denne er mye mer mobil enn 1. generasjon BIM-kiosker. Skanska hadde problemer med at skjermen flyttet på seg bak pleksiglasset, men ble etter hvert festet og holdt stabil i lokket. Det ble også funnet ut at det ikke var nødvendig med mer enn en 32-tommer skjerm da en blir stående såpass nært. Per dags dato leies denne kun ut til Skanska internt, men det er planlagt å utvide markedet til også å nå det eksterne markedet. Da vil prisen ligge på ca. 1200,- pr måned.



Figur 19: Verktøyvogn (UCO, 2016b)



Figur 20: BIM-kiosk UCO (Hanna og Simensen, 2015)

Programmer til BIM-kiosken

Solibri Model Viewer benyttes også av Skanska. De har derimot tatt det et steg videre med at det har blitt laget «diamanter» inne i forskjellige rom, se figur 21. Disse diamantene inneholder hyperlinker til databaser der en kan finne plantegninger, detaljer, romskjema, HMS-blad og andre nyttige dokumenter for det aktuelle rommet.

Rom	30103028	Løtresetal	Rombehandlingskjema
kode/ id	0000/0000	Se totaloversikt	Farge
gulv	355-310	Utsleires vinylgulv Tarkett "Emme Acoustic"	Mokku 217
foto		Alkymaling	Ny ferdig punnet fotoløst/akustisk fotoløst 2-100
vegg	246-912	Alkymaling	Nye pussede vegger
vegg	246-913	Alkymaling	Ekst. pussede vegger
vegg	246-914	Alkymaling	Gipsplater
vegg		Brennakkert perforert plate	NCS 5 3000 XXXX
absorbent		Farger slik fremmes ut	RAI 1000
ventiler		Reinsing og maling	ekst. støpselventiler
			NCS 5 3000 XXXX
			Int. brukermatte
dørblad	28-k-02	Utsleping og dekorasjon, behandling C	Se OTH
El-skapp	D-275.01 D-275.08	Ferdig malt MDF	NCS 5 3000 XXXX
			Int. brukermatte
vinde	ny karm og ramme		leveres ferdig behandlet
vinde	akust. foring, vindusbrett og gjerke	Behandling F	NCS 5 3000 XXXX
			Int. brukermatte
himling	256-110	Akustikplater med puss	Subtopuss
			Standard hull
himling	256-100	Alkymaling på randome rundt akustikplater	fulldire-matt himling og trapper m/hull
			NCS 5 3000 XXXX
			Int. brukermatte

Figur 21: Romdiamant Solibri Model Viewer (Hanna og Simensen, 2015)

Ved å klikke på diamanten vil en få opp en fane med linker som en kan velge fra. Det er en stor jobb å legge inn alle disse linkene, men når det først er gjort har en det for resten av prosjektperioden. Solibri har så langt fungert greit på BIM-kioskene, men intervjuobjektene i både Betonmast og Skanska savner flere ting i Solibri. Det er et ønske fra bransjen at Solibri må komme med en BIM-kiosk-tilpasset versjon av programmet. Om ikke Solibri satser mer på brukervennlighet vil entreprenørene vurderer å ta i bruk andre program.

For oppdatering av modellen har Skanska laget et script som henter den nyeste versjon av modellen. Denne oppdateringen utføres automatisk hver natt. Da kan håndverkerne være sikre på at de alltid har den siste oppdaterte versjonen av BIMen til enhver tid. Skanska har også laget en funksjon som gjør det mulig for brukerne av BIM-kiosken å sende meldinger tilbake til kontoret. Hvis de lurer på noe i modellen kan de trykke på en knapp, så får de opp bildet i en e-post hvor de kan skrive en tekst og sende dette til kontoret. Per dags dato har ikke Skanska noen funksjon for å kunne svare tilbake til BIM-kiosken igjen, så denne kommunikasjonen går bare én vei. I starten av Ås-prosjektet var det ikke sperring på internettet. Uten sperring på internett kan BIM-kioskene brukes som en vanlig datamaskin, og enkelte arbeidere misbrukte dette ved for eksempel å lese nettaviser i arbeidstiden. Internett ble ganske raskt sperret etter dette, slik at bruken kun ble begrenset til det som var nødvendig. PC-ene fungerte ellers veldig bra på dette prosjektet. I motsetning til Betonmast hadde ikke Skanska problemer med treg respons i modellen, selv om Skanska også benyttet store modeller.

4.1.3 Entreprenør Kruse Smith

Kruse Smith sin BIM-kiosk er basert på Skanska sin 1. generasjon og utviklet videre. BIM-kiosken har hjul, og er dermed mye mer mobil. Figur 22 viser hvordan BIM-kiosken ser ut i bruk, og figur 23 viser når skråstavene er tatt bort og bordet er vippet ned. Denne funksjonen gjør det mulig å passere gjennom dører. På deres hjemmeside har de lastet opp en veileder for hvordan en enkelt kan bygge sin egen BIM-kiosk. Veilederen inneholder en modell, tegninger, material- og kapplister (Kruse Smith, 2016a).



Figur 22: BIM-kiosk i bruk (Kruse Smith, 2016a)



Figur 23: BIM-kiosk, bord tatt ned (Kruse Smith, 2016a)

Kruse Smith har også benyttet BIM-kiosk i råbyggfasen på prosjekt. Da plasserte de BIM-kiosken i en container ute på byggeplass. I containeren plasserte de også A3-printer, noe som gjør det mulig å skrive ut og ta med seg informasjonen ut på plassen. I denne fasen kunne også betongarbeiderne benytte BIM-kiosken, da BIMen inneholdt alle utsparinger og armering.

I likhet med Skanska benytter Kruse Smith 4G-rutere for å koble BIM-kioskene på nett. Dette gjør BIM-kioskene enda mer mobil og plasseringsvennlig. Pc-ene er satt til å restarte hver natt for å sikre en enkel og stabil drift. For oppdatering av modellen brukes Dropbox, på samme måte som hos Betonmast, eventuelt manuell distribusjon med minnepinne.

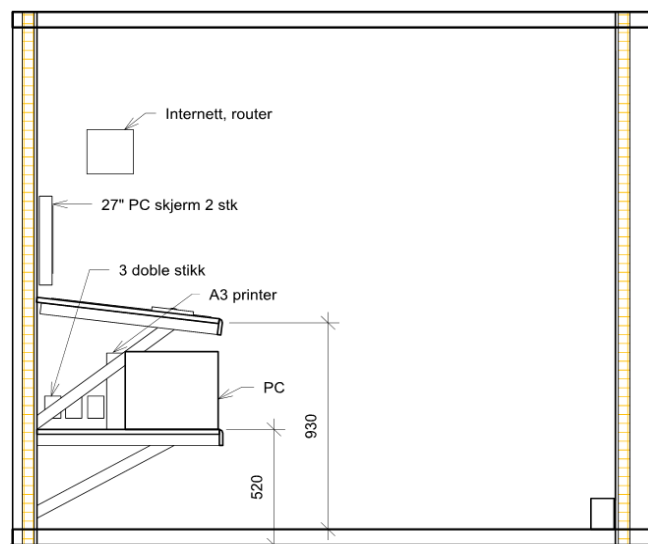
4.1.4 Entreprenør HENT og Veidekke

Det var dessverre ikke mulighet til å besøke noen av HENT sine prosjekt, men gjennom samtale med BIM-koordinator i HENT, ble det innhentet informasjon om deres praksis. På samme måte som Skanska sin 1. generasjon- og Kruse Smith sin BIM-kiosk bruker HENT en hjemmesnekret trekasse. HENT har gått for en noe mindre skjerm enn de andre, og BIM-kiosken er lite mobil. Et eksempel fra et prosjekt er vist i figur 24.

Samtale med VDC-ansvarlig i Veidekke Anlegg, ga innsikt i Veidekkes løsning på BIM-kiosk. De bruker ikke BIM-kiosker per i dag, men har prosjektert en løsning som de skal begynne å benytte. De har gått for en løsning hvor BIM-kiosken er plassert inne i en isolert container med mål 2,15m * 2,75m. Containeren skal fylles med PC, skjermer, A3-printer, whiteboard og arbeidsbenk, se figur 25.



Figur 24: BIM-kiosk HENT



Figur 25: BIM-kiosk Veidekke Anlegg

4.2 Hvordan BIM-kiosker fungerer på forskjellige prosjekt

I dette kapitlet blir det presentert erfaringer rundt bruk av BIM-kiosker. Erfaringer er i hovedsak hentet fra Betonmast sitt prosjekt HiST Teknologibyg. I tillegg presenteres resultatene fra to Kruse Smith-prosjekt i Stavanger.

4.2.1 Entreprenør Betonmast Trøndelag

HiST teknologibyg er Betonmast sitt første prosjekt med bruk av BIM-kiosker. Da Betonmast fikk HiST-prosjektet la Statsbygg frem positive erfaringer fra tidligere prosjekt med BIM-kiosker, og hadde et ønske om at BIM-kiosk skulle brukes også på dette prosjektet. Da BIM-kiosker ikke var medregnet i anbudet fra Betonmast tildelte Statsbygg derfor 200.000,- for å få dette gjennomført. Betonmast sto selv for utvikling av kioskene, med noe hjelp fra totalteknisk entreprenør for å koble dem til internett.

Statsbygg har besluttet å kreve prosjektering i BIM ved alle sine prosjekt. Dette for å oppdage prosjekteringsfeil lettere og å få bedre kvalitet på prosjekteringen. Som nevnt ovenfor krevde Statsbygg bruk av BIM-kiosker på prosjektet, og sier de kommer til å kreve dette også i fremtiden.

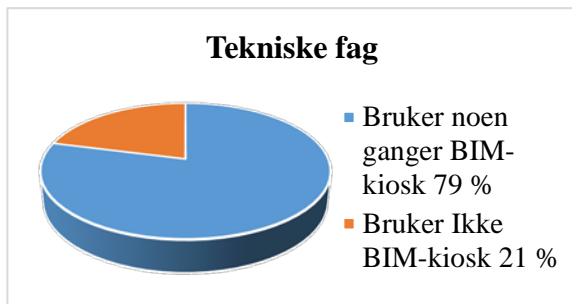
For totalentreprenør, Betonmast Trøndelag, har det vært interessant å se om investering i BIM-kiosker lønner seg. De kvalitative data som ble samlet inn fra spørreundersøkelsen, samt resten av funnene i casestudiet vil bli presentert og sammenlignet i det følgende.

Dokumentstudier

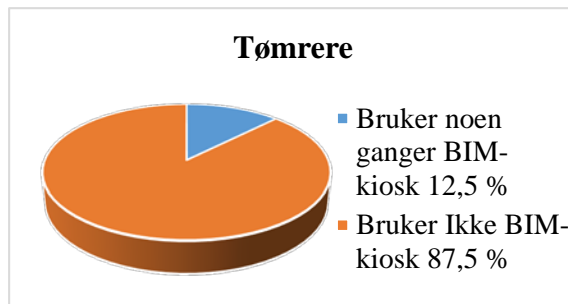
Utvalgte dokumenter ble gjennomgått for å kartlegge hvor ofte BIM-kioskene var et tema i kontrakter og møter inne på anleggskontoret. Over 400 dokumenter fra en tidsperiode på 1,5 år viste at BIM-kioskene på prosjektet hadde vært veldig lite i fokus gjennom hele prosjektet. BIM-kioskene ble nevnt helt i startfasen, men aldri nevnt etter at den første BIM-kiosken var plassert. I tillegg kom det frem av møtereferatene at utplassering av BIM-kioskene var noe som ble utsatt en rekke ganger, noe som tyder på at BIM-kioskene lå langt ned på listen over prioriteringer.

Kartlegging av bruk

Et av de største funnene gjennom intervjuene og spørreundersøkelsen er at BIM-kioskene hos Betonmast ble brukt mindre enn ønsket. Bruken har generelt vært dårlig. 79 % av arbeiderne innen de tekniske fag sa at de noen ganger benytter seg av BIM-kiosken, sammenlignet med bare 12,5 % av tømmerne, som vist i figur 26 og figur 27. Innenfor de tekniske fagene, elektriker og rørlegger, var bruken helt lik.



Figur 26: Bruk av BIM-kiosk, tekniske fag (Betonmast)

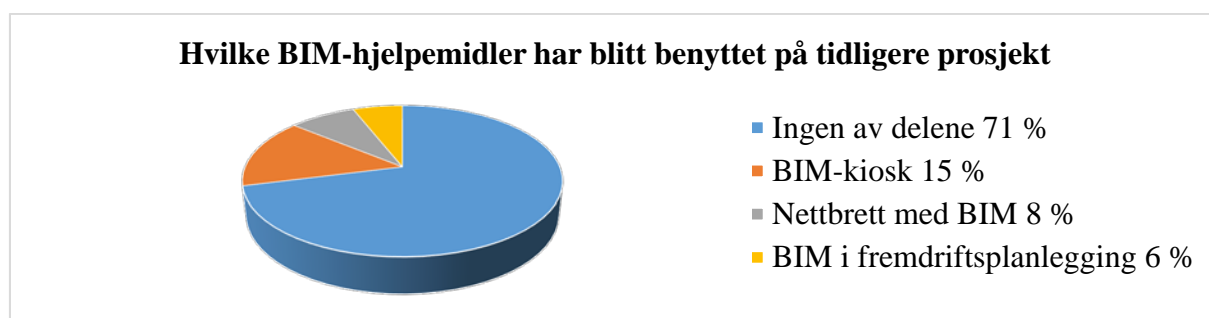


Figur 27: Bruk av BIM-kiosk, tømrere (Betonmast)

Det kom frem gjennom både intervju og spørreundersøkelse at den største grunnen til at BIM-kioskene ble så lite brukt var mangel på opplæring i bruk av BIM-kiosk. Fra spørsmålet om hva som hadde blitt gjort for at BIM-kioskene skulle bli mer brukt kom det frem at 90 % ikke hadde fått noen form for opplæring. Halvparten svarte at ingenting var blitt gjort, mens resten svarte ett eller flere av de andre alternativene i tabell 12. 71 % svarte også at dette var deres første møte med BIM-kiosk eller lignende ute på byggeplass, se figur 28.

Tabell 12: Hva har blitt gjort for at BIM-kiosken skal bli brukt (Betonmast)

	Hva har blitt gjort for at BIM-kiosken skal bli brukt				
	Ingenting	Har fått generell informasjon om BIM-kiosken	Oppfordring fra ledelsen	Bas eller AL har hold opplæring	Kurs i bruk av BIM
Tekniske fag og tømrere	50%	38%	8%	6%	13%



Figur 28: BIM-hjelpemidler som har blitt benyttet på tidligere prosjekt (Betonmast)

Ledelsen på byggeplassen uttrykte at de var klar over den manglende opplæringen, men forklarte at ressurser til opplæring ikke hadde blitt prioritert. At BIM-kioskene var nedprioritert hadde også tidligere blitt bekreftet gjennom dokumentstudiene. En av grunnene til at ledelsen har nedprioritert BIM-kioskene kan være at de ikke oppfatter BIM-kioskens fordeler. Samtlige

fra ledelsen svarte i undersøkelsen at BIM-kiosk fortsatt har høyere kostnad enn nytte. En annen grunn kan være at BIM-kioskene var et ønske fra Statsbygg, som også sto for kostnadene. Ledelsen på prosjektet fikk derfor ikke noe personlig ansvar for BIM-kioskene, annet enn å plassere de ut på byggeplass. Bedrifter som selv tar initiativ til å bruke BIM-kiosker på prosjekt har vist seg å følge opp dette bedre, og involverer seg mer. Basert på svarene fra intervju og spørreundersøkelser ble det bestemt av det var behov for bedre opplæring for å få håndverkerne til å bruke BIM-kioskene. Det ble i samarbeid med BIM-koordinator valgt å gjøre opplæring i grupper på 1-3 håndverkere slik at disse kunne få prøve BIM-kiosken selv, som vist i figur 29. Selv om noen hevdet at det hadde det for travelt til å være med på opplæringen var de aller fleste som ble spurt positiv til dette. På grunn av begrenset tid ble det bare gitt opplæring til noen få personer ute på arbeidsplassen. Det ble gitt opplæring til de som var mest interessert, slik at disse kunne gjøre opplæringen videre til sine kollegaer.



Figur 29: Opplæring BIM-kiosk Betonmast

Et annet stort funn fra forskningen var forskjellen i bruk mellom tømmerne og de tekniske fagene. Gjennom samtaler med noen av tømmerne kom de med kommentarer som; «Hvorfor skal vi bruke BIM-kiosken? Informasjonen fra papirtegninger er bedre.» I en del tilfeller er dette riktig, for eksempel ved detaljnivået på veggene i BIMen. Informasjon om isolasjon og forskjellige lag er oftest forbeholdt papirtegninger. Tabell 13 og tabell 14 og viser hvor mye BIM-kiosken ble brukt i løpet av de siste to dager og to uker før undersøkelsen.

Tabell 13: Hvor mange ganger BIM-kiosken ble brukt de siste to dager (Betonmast)

Hvor mange ganger BIM-kiosken ble brukt de siste to dager					
	Aldri	En gang	To til tre ganger	Fire til ti ganger	Over ti ganger
Tekniske fag	50%	4%	33%	4%	8%
Tømrere	92%	4%	4%	-	-

Tabell 14: Hvor mange ganger BIM-kiosken ble brukt de siste to uker (Betonmast)

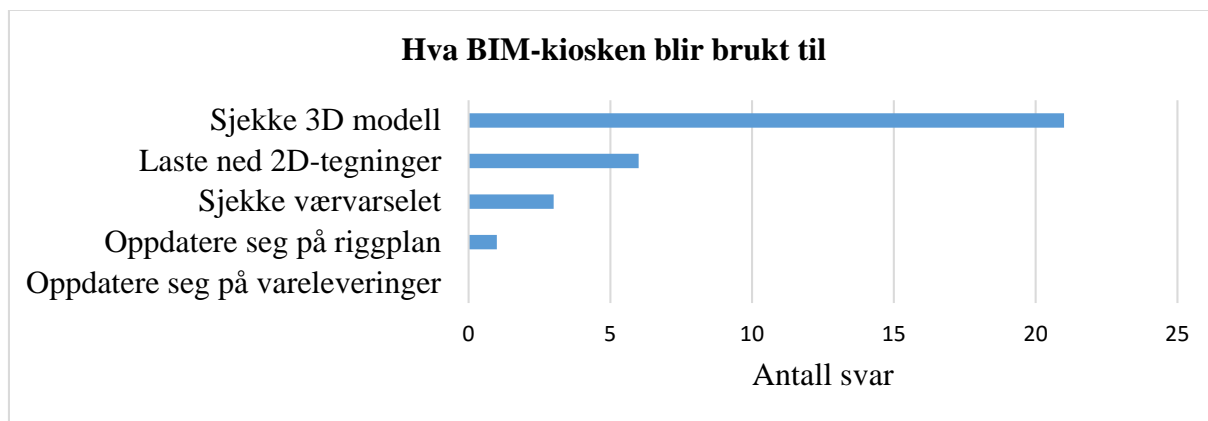
Hvor mange ganger BIM-kiosken ble brukt de siste to uker					
	Aldri	En gang	To til tre ganger	Fire til ti ganger	Over ti ganger
Tekniske fag	21%	21%	13%	21%	25%
Tømrere	88%	8%	4%	-	-

Bruken varierte, men bekrefter resultatet som vises i figur 26 og figur 27. Bruken innen de tekniske fagene er jevnt fordelt, mens de fleste tømrerne ikke har brukt BIM-kioskene i det heletatt. Nesten 50 % av fagarbeiderne innen de tekniske fagene oppga at de brukte BIM-kioskene fire ganger eller mer i løpet av de to ukene før undersøkelsen. Til sammenligning oppga nesten 90 % av tømrerne at de ikke hadde brukt BIM-kioskene i den samme perioden.

Tidligere forskning har vist at de eldre og mer erfarne arbeiderne har en tendens til å vise mer motstand mot ny teknologi. Dette var tilfelle også på dette prosjektet. De yngre arbeiderne som hadde erfaring med bruk av BIM og data var de som var mest positive. I forbindelse med opplæringsøktene var de yngste ivrige, mens de eldre mer motvillige, og kom med kommentarer som; «Jeg har aldri brukt, og jeg kommer aldri til å bruke BIM-kiosker. Jeg bruker ikke en gang datamaskin hjemme. Min 12 år gamle sønn tar seg av slike ting.»

Funksjonene som ble brukt

Av de tilgjengelige funksjonene på BIM-kiosken var det 3D-modellen som ble mest brukt, se figur 30. 3D-modellen ble brukt til å visualisere arbeidsoppgaver, og for å se hvordan det ferdige bygget skulle bli. Dette er spesielt nyttig for tekniske fag som ofte har mange detaljer i tegningene, samt at flere tegninger ofte må benyttes samtidig for å unngå kollisjoner. Ved å benytte 3D-modellen kan de enklere finne ut hvordan arbeidet skal utføres og hvor de kan montere for å unngå kollisjoner. Dette er også grunnen til at BIM-kioskene er mer brukt blant tekniske fag enn blant tømrere.



Figur 30: Hva BIM-kioskene ble brukt til (Betonmast)

På dette prosjektet hadde brukerne også tilgang til prosjekthotellet. Nedlastning av 2D-tegninger fra prosjekthotellet er den nest mest brukte funksjonen. I prosjekthotellet kan en også hente tegninger fra andre fag enn sitt eget ved bare noen tastetrykk. Andre funksjoner som oversikt over vareleveranser, værmelding og riggplan ble nesten ikke brukt. Det er bevisst valgt å ikke tilby mer informasjon enn det som ses på som nødvendig for å unngå at brukerne må bruke lengre tid på å finne det de er ute etter.

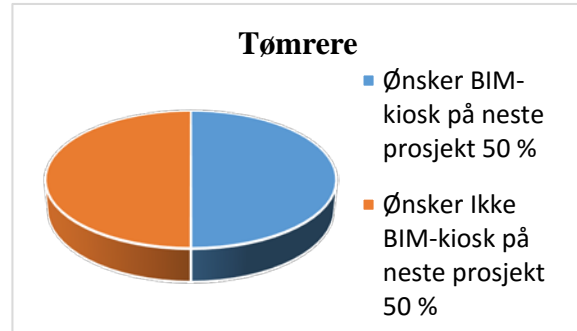
Mot slutten av dette forskningsprosjektet ble det innført et nytt avvikssystem i Betonmast der det var mulig å registrere RUH og andre avvik. Dette ble etter hver gjort tilgjengelig på BIM-kioskene. Under spørreundersøkelsen var dette en funksjon som 44 % av håndverkerne hadde krysset av for at de ønsket. Denne funksjonen ble det ikke målt effekten av, men det antas at denne funksjonen ikke vil bli like mye brukt. Dette fordi en kan sende inn RUH mye enklere med en applikasjon på mobiltelefonen, hvor man også har mulighet til å legge ved bilder.

Positive virkninger

Mange brukere, spesielt innen de tekniske fag oppga at de sparte tid på å ha tilgang til all nødvendig informasjonen til enhver tid. Arbeidere oppga at de opplevde bedre produktivitet ved å ha tilgang til tegningene på byggeplassen. Både de tekniske fag og tømmerne var enige om at det var de tekniske fag som hadde de største fordelene med BIM-kioskene på dette prosjektet. Dette kommer også frem fra spørsmålet om de ønsket BIM-kiosker på fremtidige prosjekter. 96 % av arbeiderne fra tekniske fag ønsket å ha tilgang på BIM-kiosker på fremtidige prosjekt, mens resultatet blant tømmerne var 50-50, se figur 31 og figur 32.



Figur 31: Tekniske fag som ønsker BIM-kiosk på neste prosjekt (Betonmast)



Figur 32: Tømrere som ønsker BIM-kiosk på neste prosjekt (Betonmast)

Det ble i spørreundersøkelsen presentert ulike påstander om BIM-kioskenes positive virkninger. De ulike påstandene samt andelen som var enig i hver påstand vises i tabell 15.

Tabell 15: Påstander om BIM-kiosk (Betonmast)

Påstander om BIM-kiosk		
	Andel av tekniske fag og tømrere som var enig	Andel av byggeledelsen som var enig
BIM-kiosker gjør det lettere å visualisere det som skal bygges	56 %	90 %
BIM-kiosker forbedrer produktiviteten ved lett tilgang på informasjon	40 %	60 %
Bruk av BIM-kiosk gjør at jeg sparer tid på å skaffe informasjon	31 %	50 %
Bruk av BIM-kiosk fører til bedre kommunikasjon på tvers av fag	29 %	80 %
BIM-kiosk fører til mindre feilproduksjon	25 %	50 %
BIM-kiosker gjør det enklere å utføre min jobb	23 %	60 %
BIM-kiosker gir mer nytter enn kostnader	13 %	0 %
Bruk av BIM-kiosk fører til bedre kommunikasjon i samme fag	10 %	40 %

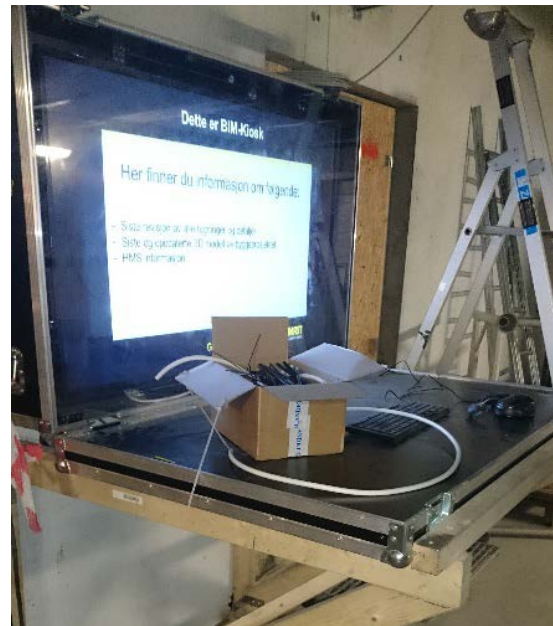
Som nevnt tidligere er visualisering av det som skal bygges, økt produktivitet og spart tid de største fordelene som kom frem gjennom undersøkelsen på dette prosjektet. I tillegg ser brukerne positive virkninger i form av bedre kommunikasjon og mindre feilproduksjon. Det er fortsatt uenighet i om BIM-kiosker gir mer nytte enn kostnad, men de fleste som er spurt sier at dette blir bedre etter hvert, da bruk av BIM-kiosk er helt i startfasen.

Brukernes holdninger

Gjennom observasjoner og samtaler med brukerne på byggeplassen ble en del andre resultater funnet. Et problem på dette prosjektet var holdningene til enkelte fagarbeidere. Mangel på respekt for BIM-kioskene førte til at BIM-kioskene enkelte ganger ble funnet under en haug med søppel eller at BIM-kioskene ble brukt som lagringsplass for materialer og verktøy, se figur 33 og Figur 34. I tillegg ble BIM-kioskene ved flere anledninger funnet frakoblet og plassert i et hjørne. At BIM-kiosken blir i veien ved enkelte tilfeller for arbeid som skal gjøres er naturlig, og da må den flyttes. Problemet på prosjektet var at holdningen til fagarbeiderne enda ikke var så god at de selv koblet BIM-kioskene på plass igjen. Det ble også oppdaget at enkelte koblet fra strømledningen hvis de trengte skjøteledningen til annet utstyr. Disse tilfellene av mangel på respekt for BIM-kioskene medførte en del nedetid. Som tiltak mot dette ble skjøteledningene hengt opp i taket, for å gjøre det vanskeligere å koble fra BIM-kioskene.



Figur 33: Rot på BIM-kiosk 1 (Betonmast)



Figur 34: Rot på BIM-kiosk 2 (Betonmast)

4.2.2 Entreprenør Kruse Smith

I motsetning til Betonmast tok Kruse Smith initiativ selv for å implementere BIM-kiosker. De hadde vært på jakt etter en nettbrett-løsning, men da de så Skanska sin versjon så de at BIM-kiosker kunne være et godt alternativ. De har et ønske om å spre dette til alle sine prosjekter.

Kartlegging av bruk

I likhet med Betonmast sitt prosjekt er det også tekniske fag hos Kruse Smith som benytter seg mest av BIM-kiosken. Ved prosjekt Gullfaks benyttet alle de spurte innen tekniske fag seg av BIM-kiosken, som vist i tabell 16. Den ene tømreren som ble spurt hadde ikke hørt om BIM-

kiosken, og visste ikke hva det var for noe. Blikkenslagerne hadde heller ikke fått noen introduksjon til BIM-kiosken. På samme måte som for tømrerne er ikke BIMen detaljert nok for at blikkenslagere får noen nytte av den. Dette er fag som har mer nytte av detaljtegninger. Siden BIM kioskene på dette prosjektet ikke ga tilgang til prosjekthotellet, måtte disse fagene likevel inn på brakka for å skaffe informasjon. Tilgang til prosjekthotellet kunne ha økt bruken av BIM-kiosk blant de som ikke bruker 3D-modellen.

Tabell 16: Bruk av BIM kiosk ved prosjekt Gullfaks

Prosjekt Gullfaks			
	Tekniske fag	Tømrer	Blikkenslager
Bruker noen ganger BIM-kiosken	5/5	0/1	0/2
Bruker ikke BIM-kiosken	0/5	1/1	2/2

For prosjekt «Arkivenes Hus» hadde Kruse Smith fått laget en BIM spesielt tilpasset grunn og betongarbeid. Med armering tegnet inn i 3D-modellen blir det lettere å visualisere, og forståelsen øker. Dette bidrar til at BIM-kiosken blir brukt av flere, og kan øke både produktiviteten og kvaliteten. Tabell 17 viser hvor mange som benyttet seg av BIM-kiosken på dette prosjektet.

Tabell 17: Bruk av BIM kiosk ved prosjekt Arkivenes Hus

Prosjekt Arkivenes Hus			
	Betongarbeidere	Grunnarbeid	Elementmontasje
Bruker noen ganger BIM-kiosken	5/8	3/4	0/2
Bruker ikke BIM-kiosken	3/8	1/4	2/2

Som tabellen viser er det ikke spurt like mange som på Betonmast sitt prosjekt, men det gir likevel interessante resultater. En kan se at majoriteten av de som ble spurt oppgir at det bruker BIM-kiosken noen ganger. Hos Betonmast var ikke BIM-kioskene plassert før betongarbeidet var ferdig, det var heller ikke en modell som var tilpasset betongarbeid. Den høye andelen som bruker BIM-kiosker på dette prosjektet antas å være grunnet den spesialtilpassede BIMen. Tabell 18 og tabell 19 viser hvor mye BIM-kioskene ble brukt i løpet av de siste to dager og to uker på begge prosjektene. Her er begge prosjektene til Kruse Smith samlet i samme tabell.

Tabell 18: Hvor mange ganger BIM-kiosken ble brukt de siste to dager (Kruse Smith)

Hvor mange ganger BIM-kiosken ble brukt de siste to dager					
	Aldri	En gang	To til tre ganger	Fire til ti ganger	Over ti ganger
Tekniske fag	3/5	1/5	-	-	1/5
Tømrere	1/1	-	-	-	-
Blikkenslager	2/2	-	-	-	-
Betongarbeider	4/8	1/8	3/8	-	-
Grunnarbeider	3/4	-	1/4	-	-
Elementmontør	2/2	-	-	-	-

Tabell 19: Hvor mange ganger BIM-kiosken ble brukt de siste to uker (Kruse Smith)

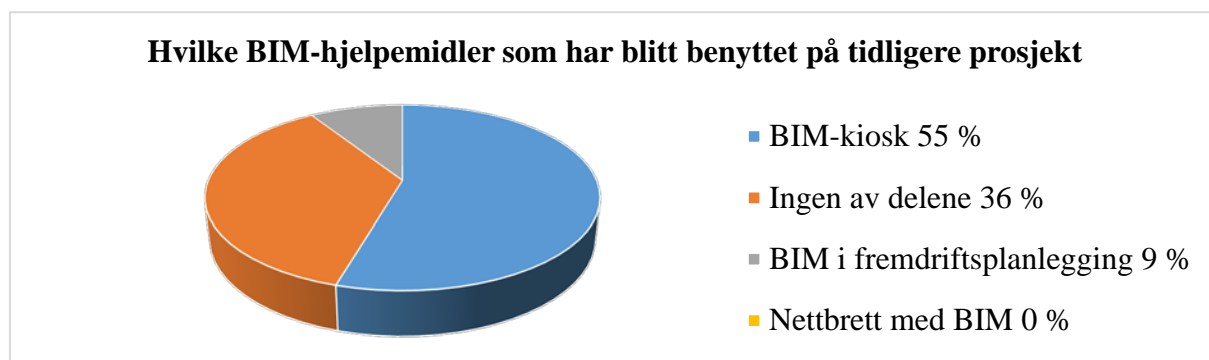
Hvor mange ganger BIM-kiosken ble brukt de siste to uker					
	Aldri	En gang	To til tre ganger	Fire til ti ganger	Over ti ganger
Tekniske fag	1/5	-	1/5	1/5	2/5
Tømrere	1/1	-	-	-	-
Blikkenslager	2/2	-	-	-	-
Betongarbeider	2/8	2/8	-	1/8	3/8
Grunnarbeider	1/4	1/4	1/4	1/4	-
Elementmontør	2/2	-	-	-	-

Bruken varierte, men bekrefter resultatet som vises i tabell 16 og Tabell 17. Bruken innen de tekniske fagene, betongarbeider og grunnarbeider er jevnt fordelt, fra aldri til over ti ganger på to dager. Tømrerne, blikkenslagerne og elementmontørene oppgir at de ikke har brukt BIM-kioskene i det heletatt. Det tydelige skillet på bruken kommer i hovedsak av detaljeringsgraden i modellen. Det er heller ikke gitt opplæring i bruk av BIM-kiosken til andre enn de fag som har et direkte behov for den. I tabell 20 kommer det frem hva som er gjort for at BIM-kioskene skal bli brukt. En kan se at de fleste har fått lite eller ingen informasjon om BIM-kiosken. Av de som svarte at ingenting hadde blitt gjort var samtlige fra fagene blikkenslager, tømrer og elementmontasje. Av tekniske fag, betongarbeider og grunnarbeider sier 15 av 17 at de har fått generell informasjon eller en form for opplæring i bruk av BIM-kiosk. Likevel oppgir over halvparten som ble spurt at de ønsker bedre opplæring i bruk av BIM.

Tabell 20: Hva har blitt gjort for at BIM-kiosken skal bli brukt (Kruse Smith)

	Hva har blitt gjort for at BIM-kiosken skal bli brukt				
	Ingenting	Har fått generell informasjon om BIM-kiosken	Oppfordring fra ledelsen	Bas eller AL har hold opplæring	Kurs i bruk av BIM
Tekniske fag og tømrere	32 %	50 %	9 %	32 %	9 %

I motsetning til Betonmast sitt prosjekt hadde over halvparten av håndverkerne hos Kruse Smith benyttet seg av BIM-kiosk på et tidligere prosjekt, se figur 35. Dette i synergi med at de som hadde størst behov hadde fått generell informasjon eller opplæring i bruk av BIM-kiosk førte til at BIM-kioskene ble godt brukt.



Figur 35: BIM-hjelpemidler som har blitt benyttet på tidligere prosjekt (Kruse Smith)

Funksjonene som ble brukt

I motsetning til Betonmast hadde Kruse Smith kun 3D-modellen tilgjengelig på BIM-kiosken. Når bruksområdene blir begrenset begrenses også bruken. Dette er også en av grunnene til at blikkenslager, tømrer og elementmontasje ikke benyttet seg av BIM-kiosken. Ved å innføre flere funksjoner kunne BIM-kiosken ha nådd ut til flere fag. Ved å ha tilgang til prosjekthotellet får alle fag mulighet til å hente ut siste revisjon av tegninger med bare noen tastetrykk. Dette gjør at arbeiderne, uansett fag, kan spare tid på å skaffe nødvendig informasjon. Ved prosjekt «Arkivenes Hus» hadde de også en A3-printer tilgjengelig ved BIM-kiosken, slik at informasjon kan printes og tas med dit en ønsker.

Positive virkninger

Ikke alle hadde fått informasjon om BIM-kiosken, og enkelte visste ikke hva det var for noe. Av de som brukte BIM-kiosk eller visste hva det var ønsket alle seg BIM-kiosk på sitt neste prosjekt. I likhet med Betonmast sitt prosjekt kommer det også hos Kruse Smith frem at de som benytter seg av BIM-kiosken nå er de som også ønsker seg dette på fremtidige prosjekt. De

samme påstandene som ble presentert i undersøkelsen hos Betonmast ble også presentert hos Kruse Smith. Svarene fra denne undersøkelsen er vist i tabell 21.

Tabell 21: Påstander om BIM-kiosk (Kruse Smith)

Påstander om BIM-kiosk	
	Andel som var enig
BIM-kiosker forbedrer produktiviteten ved lett tilgang på informasjon	77 %
BIM-kiosker gjør det lettere å visualisere det som skal bygges	55 %
Bruk av BIM-kiosk gjør at jeg sparer tid på å skaffe informasjon	45 %
Bruk av BIM-kiosk fører til bedre kommunikasjon på tvers av fag	45 %
BIM-kiosker gjør det enklere å utføre min jobb	45 %
BIM-kiosk fører til mindre feilproduksjon	32 %
Bruk av BIM-kiosk fører til bedre kommunikasjon i samme fag	32 %
BIM-kiosker gir mer nytter enn kostnader	14 %

Det trekkes også hos Kruse Smith frem visualisering, økt produktivitet, tidsbesparelser og forbedret kommunikasjon som de viktigste virkningene av bruken av BIM-kiosker, akkurat som hos Betonmast. Forskjellen er at hos Kruse Smith var de positive sidene enda tydeligere, da en større andel var enig i påstandene. En av grunnen til at flere virket positive på dette prosjektet er at mange hadde brukt BIM-kiosk eller lignende på tidligere prosjekt, og har sett virkningen over tid. Hos Betonmast var dette nytt for de fleste, og de positive virkningene var ikke like tydelige for alle.

Både hos Betonmast og Kruse Smith sine håndverkere var påstanden om at BIM-kiosker gir mer nytte enn kostnader blant de påstandene færrest var enig i. Det kan se ut som at håndverkerne tror BIM-kiosker koster mer enn de gjør, eller undervurderer de positive virkningene BIM-kioskene fører med seg. Funksjonærene ser dette på en helt annen måte. Alle tre funksjonærene som ble spurt hos Kruse Smith mente helt klart at BIM-kiosker gir mer nytte, og ifølge VDC ansvarlig i Kruse Smith kan BIM-kioskene bli tjent inn bare ved å avverge én eneste produksjonsfeil. Til sammenligning var funksjonærene hos Betonmast mer skeptisk. Ingen av de 12 funksjonærene som besvarte undersøkelsen på HiST Teknologibygget trodde BIM-kiosker gir mer nytte enn kostnader. Dette kan skyldes at BIM-kiosker er helt nytt i Betonmast, og at funksjonærene ikke har rukket å bli kjent med BIM-kioskens funksjoner og fordeler. Mer informasjon til funksjonærene er nødvendig for å skape en mer positiv holdning

til bruk av BIM-kiosker. Det er tydelig at mange fortsatt ser på BIM-kiosker som bare en utgift, og ikke en investering.

4.3 Hvordan BIM-kiosker kan brukes for å implementere lean-prinsipper

Gjennom intervju og litteraturgjennomgang er det plukket ut 9 BIM-kiosk-egenskaper som kan tilrettelegge for lean-prinsipper. De utvalgte funksjonene med utfyllende forklaring følger i tabell 22.

Tabell 22: BIM-kiosk-egenskaper (ikke rangert etter viktighet)

BIM-kiosk-egenskaper
Visualisering av det som skal bygges: En BIM-kiosk inneholder BIM-programvare med 3D-modell. BIM-kiosken gjør derfor 3D-modellen tilgjengelig for alle på byggeplassen, slik at også fagarbeiderne kan visualisere det endelige produktet.
Visualisering av prosess-status: For å tydeliggjøre prosess-status kan BIM-kiosken brukes til å sammenligne fremdrift med planlagt fremdrift, for eksempel ved visualisering av en treukersplan.
Automatisk generering av lister: En kan bruke modellen til å gå inn i et rom, for så å få automatisk generert lister over materialer som trengs for akkurat dette rommet. Listene kan så benyttes for å få materialene som trengs levert direkte til dette rommet
Elektronisk tilgang til dokumenter: Et objekt i 3D-modellen kan fungere som en hyperlink til prosjekthotellet. Ved å klikke på objektet får en opp en liste med linker en kan velge mellom. Der kan en få informasjon om plantegninger, detaljer, romskjema, HMS-blad og andre nyttige dokumenter for det aktuelle rommet. Et annet alternativ er en nettside som en bakgrunn på BIM-kiosken. På denne siden vil en finne den samme informasjon som hyperlinkobjektet i 3D-modellen.
Enkelt vedlikehold og oppdatering av informasjon i BIMen: 3D-modellen oppdateres automatisk til BIM-kiosken. Den vil bli oppdatert ved behov via for eksempel Dropbox.
Enkel oppdatering av tegninger og dokumenter: Når oppdaterte tegninger og andre dokumenter blir lagt ut på prosjekthotellet blir denne informasjonen også tilgjengelig for nedlasting på BIM-kiosken.
Samlingspunkt: BIM-kiosker kan fungere som et samlingspunkt for håndverkere fra ett eller flere fag. Der kan alle se 3D-modellen og diskutere sammen som en gruppe.
Elektronisk kommunikasjon: Informasjon sendes til brukerne gjennom BIM-kiosken. Dette kan være produksjonsgrunnlaget, informasjon om vareleveringer, været, HMS eller andre budskap fra ledelsen.
Tilbakemelding til ledelsen: E-post kan sendes direkte fra BIM-kiosk til ledelsen ved prosjektet. Dette kan være rapporteringer, kommentarer på bilder fra 3D-modellen eller andre beskjeder til ledelsen. Det er også mulig å sende avvik og RUH.

Det blir i det følgende avsnitt foreslått 12 interaksjoner mellom disse 9 BIM-kiosk-egenskaper (tabell 22) og lean prinsipper som ble presentert i tabell 10. Disse interaksjonene er basert på litteraturgjennomgang og intervjuer. Interaksjonene som er funnet anses for å være de mest

relevante for oppgaven, men er ikke rangert på noen måte. I tabell 23 er BIM-kiosk-egenskaper og lean-prinsipper knyttet sammen. Interaksjonene - nummerert fra 1 til 12 – viser hvordan en kan bruke BIM-kioskene for å implementere lean-prinsipper i produksjonsfasen på byggeprosjekt.

Tabell 23: Interaksjonsmatrise av lean-prinsipper og BIM-kiosk-egenskaper

BIM-kiosk-egenskaper	Lean-prinsipper						
	Go and see for yourself	Standardize	Visual management	Reduce variability	Reduce cycle time	Cultivate an extended network of partners	Decide by consensus, consider all options
Visualisering av det som skal bygges	1		3				
Visualisering av prosess-status			7				
Automatisk generering av lister				9			
Elektronisk tilgang til dokumenter		12		12			
Enkelt vedlikehold og oppdatering av informasjon i BIMen			2	4 5			
Enkel oppdatering av tegninger og dokumenter			2	4 5			
Samlingspunkt							10
Elektronisk kommunikasjon		6		4	8		
Tilbakemelding til ledelsen						11	

Forklaring til interaksjonsmatrise

Interaksjonene mellom BIM-kiosk og lean-prinsipper forklares nærmere i tabell 24. Hver av interaksjonene er tildelt et nummer, for å lettere skille dem fra hverandre.

Tabell 24: Forklaring til interaksjonsmatrise

Interaksjoner mellom BIM-kiosk-egenskaper og lean-prinsipper

(1) BIM-kiosker gjør det mulig for arbeiderne å besøke byggeprosjektet gjennom en virtuell virkelighet med bruk av BIM.

(2) BIM-kiosker gjør det mulig for arbeiderne å visualisere endringer raskere da de har adgang til oppdaterte tegninger og en 3D-modell på arbeidsplassen.

(3) Ved å bruke 3D-modellen på BIM-kioskene får arbeiderne en bedre forståelse for hvordan sluttproduktet skal bli. BIM-kiosker kan bli brukt som hjelpemiddel når det er mangel på informasjon i 2D-tegningene.

(4) Ved at informasjon blir levert direkte gjennom BIM-kioskene forbedrer det flyten og reduserer leveringstiden.

(5) Ved å ha BIM-kiosker på nett (online), vil det forenkle prosessen med å få oppdaterte tegninger ut til byggeplassen.

(6) Ved å ha nettbasert tilgang til informasjon på BIM-kioskene standardiseres måten å skaffe informasjon på. Arbeiderne kan hente tegninger direkte fra BIMen, istedenfor å få tegningene skrevet ut.

(7) Prosessvisualisering og kommunikasjon gjennom internett gjør det mulig å bruke BIM-kioskene til statusoppdateringer. En tømrer kan for eksempel sende en statusoppdatering når han har satt opp en vegg, så får elektrikerens beskjed når det er klart for ham.

(8) Ved å ha oppdatert prosess-status tilgjengelig på BIM-kioskene, er det mulig å bruke BIM-kiosker til å se hvor det er klart til å begynne å jobbe, eller hvor lenge en må vente til det er klart. Dette reduserer ventetid og syklustid for aktiviteter.

(9) Ved å bruke BIM-kioskene til å automatisk generere lister over nødvendige materialer fra BIMen, er det mulig å spare tid og å oppnå bedre nøyaktighet. En tømrer kan for eksempel generere en liste for et rom for å se nøyaktig hvor mye materialer som trengs. Dette fører til økt produktivitet og redusert variabilitet.

(10) Ved å benytte BIM-kioskene som et møtested for arbeidstakerne fra ett eller flere fag, kan en øke rikheten i kommunikasjonen. Alle kan komme med sine meninger, samtidig som en bruker BIM-kiosken til visualisering, og kunnskapsgrunnlaget for å ta en beslutning øker. Sannsynligheten for at den beste beslutningen tas vil dermed øke. Ved å bruke BIM økes informasjonsgrunnlaget, og det vil støtte beslutninger som tas. I denne situasjonen vil BIM-kiosken legge til rette for en større grad av ansikt-til-ansikt kommunikasjon mellom arbeiderne.

(11) BIM-kiosker gir muligheten til å rapportere direkte fra BIM-kioskene til ledelsen på byggeplassen. Dette kan være umiddelbare tilbakemeldinger på feil, konflikter, avvik eller andre ting. Dette kan bidra til å sikre at mer tid brukes på produksjon, og en oppnår en redusert syklustid.

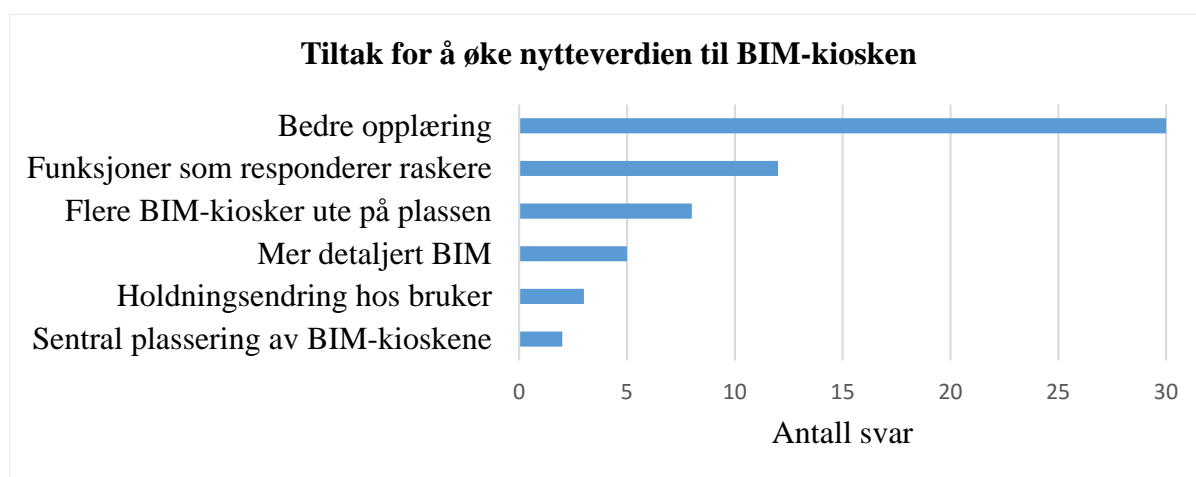
(12) Ved å ha tilgang til internett kan en lage hyperlinker til tegninger og dokumenter som befinner seg på prosjekthotellet. På denne måten standardiseres måten en skaffer informasjon på. Variasjon reduseres når en har direkte linker til de dokumentene som trengs.

Det er tydelig at BIM-kiosker kan bidra til en bedre arbeidsflyt ved å redusere variabilitet, samtidig som arbeidsprosessen standardiseres. BIM-kiosker hjelper arbeiderne med å

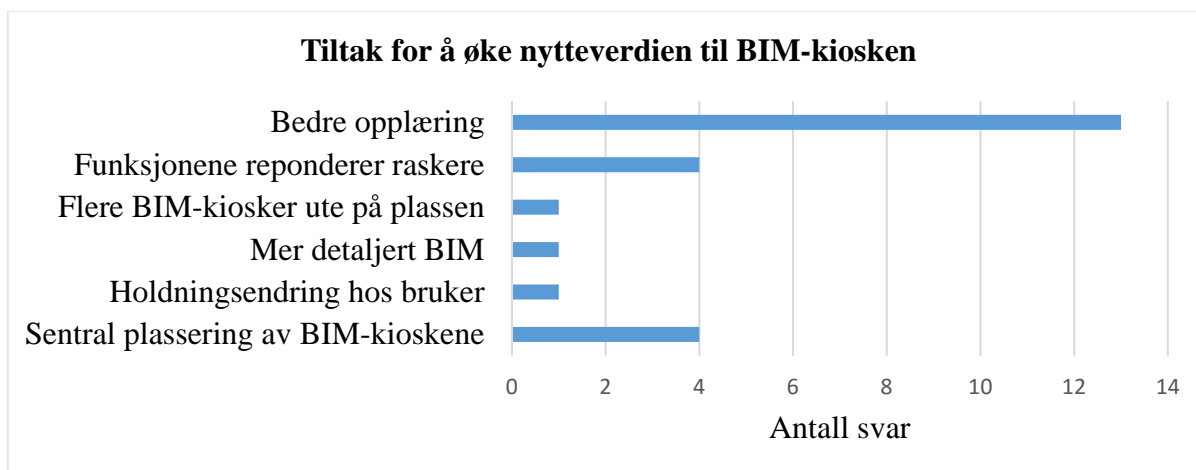
administrere sine egne aktiviteter med produksjonskontroll, og en bedre forståelse av det endelige resultatet. Disse 12 interaksjonene kan veilede byggenæringen når det kommer til det å implementere lean-prinsipper i samspill med BIM-kiosker.

4.4 Hvordan BIM-kiosker kan utvikles videre

Både brukerne og intervjuobjektene kom med sine forslag på hvordan BIM-kiosker kan utvikles videre for å få et bedre tilbud og øke bruken. Figur 36 og figur 37 viser resultatet fra spørreundersøkelsen hos Betonmast og Kruse Smith på spørsmålet om hvordan BIM-kiosker kan utvikles videre.



Figur 36: Hvilke tiltak som kan gjøres for å øke nytteverdien til BIM-kiosk (Betonmast)



Figur 37: Hvilke tiltak som kan gjøres for å øke nytteverdien til BIM-kiosk (Kruse Smith)

Det kom tydelig frem at brukerne ønsket bedre opplæring, og da spesielt i bruk av BIM. Hos Betonmast innrømmer de at opplæringen har vært mangelfull på prosjektet. Funksjonærene uttrykker også at bedre opplæring er noe som må til for at BIM-kioskene skal bli brukt mer. For å få arbeiderne til å bruke BIM-kioskene kreves opplæring i startfasen. Dette var noe Skanska hadde fokusert på i sine prosjekt, og de oppnådde ifølge avdelingssjef BIM at BIM-kioskene

ble tatt i bruk av arbeiderne med en gang. Hos Kruse Smith er det kjørt opplæring av utvalgte brukere, og det kommer fram i spørreundersøkelsen at de som har fått opplæring også benytter seg av BIM-kiosken i en større grad. For å kunne få utbytte av BIM-kiosk er det viktig at brukerne er kjent med funksjonene, og føler seg trygg på at de kan bruke den.

Et annet område som er viktig for å få økt bruken er å få snudd byggebransjen mot å være mer villig til å ta i bruk tekniske hjelpemidler. Byggebransjen er kjent for å være tung å vende, og intervjuobjektene ser for seg at dette kommer til å ta tid. Det som kan fremskynde prosessen er å få tak i gode ambassadører til å prate om BIM-kiosk til likesinnede, for eksempel en tømrer som forteller de andre tømmerne hva BIM-kiosken kan brukes til. Dette vil være mer effektivt enn om en avdelingsleder forteller det samme. Ikke alle prosjekter har like stor nytte av BIM-kiosker, og alle intervjuobjektene er enige om at for å ta i bruk BIM-kiosk på prosjekt kreves det at prosjektet er komplekst nok. For å få noen gevinst av BIM-kioskene må det være behov for informasjon. I tillegg er det avgjørende at en har noen hos prosjektledelsen som ønsker å ta dette i bruk, noen med interesse og kompetanse på området.

Hos både Betonmast og Kruse Smith kom det frem gjennom spørreundersøkelsen at brukerne syntes BIM-programvaren responderte for tregt. De måtte vente mens programmet lastet inn informasjonen de var ute etter. Store modeller krever kraftige maskiner for å unngå dette problemet, og investering i kraftigere maskiner er derfor nødvendig for å tilby et bedre verktøy for brukerne. På Kruse Smith sine prosjekter hadde de kun én BIM-kiosk, mens både Betonmast og Skanska i utgangspunktet ønsket å ha en BIM-kiosk i hver etasje. Flere BIM-kiosker på smarte plasseringer på byggeplassen var ønsket fra arbeiderne og ledelsen hos alle entreprenørene for å øke bruken. Detaljnivået i 3D-modellen var noe spesielt tømmerne kommenterte. For at tømmerne skal kunne bruke BIM-kioskene som et verktøy i deres produksjon må detaljnivået bli bedre, for eksempel ved å beskrive de ulike lagene i vegger. I tillegg kreves en holdningsendring blant enkelte i bransjen, slik at de kan se verdien av å ha BIM-kiosker på byggeplass. Ved at enkelte kobler fra BIM-kiosken uten å koble den på igjen, som hos Betonmast, ødelegger de også tilbudet for de som ønsker å kunne bruke BIM-kiosken.

BIM-kiosk eller nettbrett som erstatning til papirtegninger

I følge svarene fra intervjurunden har noen fag allerede kuttet ut papirtegninger på prosjekter med BIM-kiosk. De innrømmer likevel at BIM-kiosk fortsatt ikke er en god erstatning for papirtegninger. Det er tungvint når BIM-kiosken er plassert et stykke unna der jobben gjøres, og antallet kan bli et problem. Heller ikke dagens bruk av nettbrett er et fullgodt alternativ til papirtegninger. Dagens nettbrett har ikke kapasitet til å drive samme BIM-programvare som en

PC, og en mister derfor mange essensielle funksjoner. Flere av intervjuobjektene ser for seg BIM-kiosk i kombinasjon med robuste nettbrett som den beste løsningen, og i fremtiden et fullgodt alternativ til papirtegninger. Enkelte av intervjuobjektene tror også at BIM-kiosken bare er en mellomfase, og at BIM-kiosken forsvinner helt når håndholdte løsninger som nettbrett blir gode nok. Papirtegningen har så absolutt en usikker fremtid i møte skal en tro på disse entreprenørenes fremtidsforutsigelser.

5 Konklusjon

I Kapittel 5 Konklusjon gis et kort sammendrag og en presentasjon av forskernes konklusjon, samt anbefalinger for videre arbeid.

Det er i hovedsak sett på entreprenørers erfaringer, og ikke så mye på hvordan byggherrer og rådgivere ser på bruken av BIM-kiosk i produksjonsfasen. Dette er også et nytt verktøy, og det finnes få prosjekter å hente informasjon fra. I denne oppgaven er det sett på til sammen tre BIM-kiosk-prosjekter, med hovedfokus på Betonmast sitt prosjekt i Trondheim. Mange av resultatene kan likevel være overførbare til andre prosjekter, og brukes som en guide for bedrifter som ønsker å implementere BIM-kiosker.

5.1 Hva en BIM-kiosk er, og hva den kan brukes til

En BIM-kiosk kan best karakteriseres som et informasjonsverktøy. Det er en løsning som gir arbeiderne tilgang til prosjektinformasjon på byggeplassen. 3D-modellen bidrar til å visualisere prosjektet, og prosjekthotellet bidrar til en enkel tilgang til oppdaterte tegninger og informasjon. BIM-kiosken kan også fungere som en møteplass som bidrar til et bedre samarbeid mellom ulike fag. Dette kan igjen føre til en mer effektiv produktivitet i produksjonsfasen. I tabell 25 er det listet opp fordeler som en BIM-kiosk tar med seg inn i et byggeprosjekt.

Tabell 25: Fordeler med BIM-kiosk

Fordeler	
Gir tilgang til 3D-modell	Gir tilgang til prosjekthotell
Øker forståelsen for hva som bygges	Fungerer som en ny kommunikasjonskanal
Bidrar til raskere beslutningsprosesser	Kan skrive ut tegninger på byggeplass
Gjør det enkelt å sende beskjeder fra anleggsbrakka og ut til byggeplassen	Mindre printing og distribuering av papirtegninger
Det er enkelt å oppdatere 3D-modell og dokumenter til BIM-kiosken	Mulighet for å sende tilbakemeldinger fra BIM-kiosk til ledelsen
Den er mobil/flyttbar	Fungerer som møteplass
Reduserer risikoen for å jobbe etter gamle tegninger	Reduserer unødvendige bevegelser
Mulighet for visualisering av prosess-status	Mulighet for visualisering av sluttprodukt
Automatisk generering av lister	

Det er ikke til å unngå at BIM-kiosken også tar med seg noen ulemper. Disse er oppsummert i tabell 26.

Tabell 26: Ulemper med BIM-kiosk

Ulemper	
Er avhengig av internett for å holde informasjon oppdatert	Den er utsatt for fukt og støv
Det kreves ressurser for å holde funksjonene og informasjon oppdatert	Det er vanskelig å dokumentert en økonomisk gevinst
Den kan være en tidstyv	Det kreves en holdningsendring i bransjen
Det er ikke mulig å ta den med deg der hvor den aktuelle arbeidsoppgaven pågår (begrenset mobilitet)	Det kreves et sterkt fokus på at BIMen er oppdatert og korrekt for å kunne benytte 3D-modellen som arbeidsgrunnlag
Det er kostbart med fullversjon (Solibri Model Checker) dersom man ønsker flere muligheter med BIM-kioskene	Det kreves ressurser for å holde opplæring

5.2 Hvordan BIM-kiosker fungerer på forskjellige prosjekt

I tabell 27 presenteres en oppsummering av de viktigste erfaringene fra bruken av BIM-kiosker på byggeplass. Erfaringene er samlet inn gjennom intervju med utvalgte personer fra flere av de største entreprenørene i landet, samt spørreundersøkelser på tre ulike byggeprosjekt.

Tabell 27: Hvordan BIM-kiosker fungerer på forskjellige prosjekt

Hvordan fungerer BIM-kiosker på forskjellige prosjekt?	
Brukes BIM-kioskene?	BIM-kioskene blir brukt hos alle entreprenørene det er samlet erfaring fra. Det er likevel en enighet om at BIM-kioskene foreløpig ikke brukes så mye som håpet. Dette er helt nytt, og bruken forventes å øke etter hvert.
Hvem bruker BIM-kioskene mest, og hvorfor?	Tekniske fag bruker BIM-kiosker mest. De må ofte sammenligne tegninger fra flere fag for å unngå kollisjoner, noe de slipper med visualisering i 3D. Hvis 3D-modellene blir spesialtilpasset enkelte fag, som betong eller tømmer, blir BIM-kioskene brukt også av disse fagene. I noen tilfeller er det de utenlandske entreprenørene som bruer BIM-kioskene mest. Dette gjør at en kan unngå språkproblemer.
Hva blir BIM-kioskene brukt til?	BIM-kioskene blir i hovedsak brukt til å sjekke 3D-modellen for å enklere visualisere det som skal bygges. Der prosjekthotellet har vært tilgjengelig på BIM-kiosken er dette brukt til å skaffe tegninger og annen nødvendig informasjon.
Hvilke positive virkninger har BIM-kiosker?	En sparer tid på å ha nødvendig informasjon tilgjengelig ute på byggeplassen. BIM-kiosker bidrar til bedre produktivitet og kommunikasjon. Det trengs likevel mer tid og forskning før alle positive virkninger viser seg.

Tabell 27 (Fortsettelse)

Er det blitt gjort noe for at BIM-kioskene skal bli brukt?	Variierende. Enkelte er flinke på opplæring, og andre har kun gitt generell informasjon om BIM-kioskene. Dette gir forskjeller i hvor mye BIM-kioskene blir brukt.
Hva kan gjøres for at BIM-kioskene skal bli mer brukt?	Det viktigste er å holde opplæring for brukerne når BIM-kiosker implementeres. I tillegg må PC og annet utstyr være av god kvalitet, slik at brukerne får en positiv opplevelse.
Når er det nødvendig med BIM-kiosk, og hvor mange BIM-kiosker er nødvendig?	Komplekse næringsbygg har mest behov for BIM-kiosker. Da er én BIM-kiosk per etasje fornuftig. Eventuelt én BIM-kiosk pr. 1000 m ² . På små prosjekter med liten kompleksitet er det ikke nødvendig med BIM-kiosk.
Kreves det noen personlige egenskaper?	Å bruke BIM-kiosk er ikke vanskelig. De unge og datavante ser ut til å lære raskest. Det kommer frem av undersøkelsene at de som har benyttet BIM-kiosk eller lignende på tidligere prosjekt bruker BIM-kiosk mest.
Hvilken holdning har byggebransjen til BIM-kiosker?	Holdningen er variierende. På den ene siden har BIM-kiosker vunnet priser for beste BIM-idé, mens på den andre siden hevder enkelte brukere og funksjonærer at dette er bortkastede penger. Holdningene til denne teknologien har gradvis blitt bedre, men det trengs fortsatt tid for å overbevise bransjen helt.
Ønsker brukerne å ha BIM-kiosker i fremtiden?	De aller fleste ønsker BIM-kiosker på fremtidige prosjekt, til og med de som ikke bruker dem i dag.

5.3 Hvordan BIM-kiosker kan brukes for å implementere lean-prinsipper

Denne oppgaven har vist at det er mange interessante interaksjoner mellom lean construction og BIM-kiosker. Interaksjonene som er presentert i tabell 23 viser at BIM-kiosker bidrar til å redusere andelen av ikke-verdiskapende aktiviteter. Hovedfunnene viser at BIM-kiosker fører til en bedre arbeidsflyt samtidig som måten å skaffe informasjon på standardiseres. En BIM-kiosk hjelper arbeiderne på byggeplassen å ha en bedre kontroll på sine arbeidsoppgaver, og en bedre forståelse av det endelige resultatet.

Interaksjonene er presentert slik at de kan brukes som en guide for bedrifter som ønsker å implementere BIM-kiosker og/eller lean i produksjonsfasen av byggeprosjekter. Ved å bruke BIM-kiosker i produksjonsfasen økes effekten av lean implementering.

5.4 Hvordan BIM-kiosker kan utvikles videre

Gjennom spørreundersøkelsene og intervjuene kom det frem en del områder som kan bli bedre for å få et enda bedre tilbud, og øke bruken av BIM-kioskene. De viktigste punktene som kom frem var:

Bedre opplæring

Både brukere og funksjonærer etterlyser mer opplæring i bruk av BIM for at BIM-kioskene skal bli mer brukt. Opplæring må gjøres i startfasen av prosjekter, slik at BIM-kioskene blir tatt i bruk med en gang de blir plassert på byggeplassen. En må vurdere hvem som har mest behov for BIM-kioskene, for å rette opplæringen mot de med størst behov.

Funksjoner som responderer raskere

Brukere understreker viktigheten av at BIM-programvaren responderer raskt, slik at en slipper å vente unødvendig lenge på informasjon ved BIM-kioskene. For å oppnå dette trengs det kraftige maskiner i BIM-kiosken, som kan åpne store modeller raskt.

Flere BIM-kiosker på byggeplass

For å utnytte potensialet til BIM-kioskene er det viktig at det er nok av dem på byggeplassen. Formålet med BIM-kioskene er at informasjonen skal være tilgjengelig der den trengs. Hvis det er for langt til BIM-kioskene brukes BIM-kioskene mindre, og brukere etterlyser derfor flere BIM-kiosker på byggeplass.

Sentral plassering av BIM-kioskene

På samme måte som at det er viktig med flere BIM-kiosker er det viktig at disse plasseres på sentrale steder på byggeplassen. Sentral plassering betyr at mindre tid går med til å skaffe informasjonen.

Mer detaljert BIM

Det er viktig at BIMen inneholder nok detaljer, slik at den kan brukes til å skaffe nødvendig informasjon.

Holdningsendring hos bruker

Byggebransjen omtales ofte som en bransje som er motvillig til å ta i bruk tekniske hjelpemidler. Hvis en sakte men sikkert forbedrer denne holdningen vil brukerne se verdien, og ta i bruk verktøy som BIM-kiosker. Her kan gode ambassadører bidra til å fremskynde prosessen ved å fortelle likesinnede innad i bedriften om de positive effektene av BIM-kiosker.

Kombinere BIM-kiosker med bruk av nettbrett på byggeplass

Flere entreprenører ser på BIM på nettbrett som en god løsning i tillegg til BIM-kiosker. Ved å kombinere BIM-kiosker med nettbrett kan en få flere bruksområder og øke bruken.

BIM-kiosker må prioriteres bedre av ledelsen

Det er avgjørende at prosjektledelsen er innstilt på å prioritere verktøy som BIM-kiosker for at det skal ha noen effekt. For å oppnå dette trengs folk med interesse og kompetanse på området.

5.5 Anbefaling for implementering av BIM-kiosk

Gjennom arbeidet med oppgaven er det sett på flere entreprenørers erfaring med implementering av BIM-kiosker. Dette er ikke blitt gjort på samme måte hos alle, og noen har opplevd større utfordringer enn andre. For at andre ikke skal gjøre samme feil, men fokusere på det som anses som viktigst, er de positive erfaringene fra entreprenørene samlet og fremstilt nedenfor. Dette er et sammendrag av fremgangsmåten for å implementere BIM-kiosker på byggeplass på en god og enkel måte.

Hvordan implementere BIM-kiosker

1. Definere behov for BIM-kiosken
 - Definere hvem som skal bruke kiosken
 - Definere hvilken informasjon som skal være tilgjengelig
 - Behov for internett? Dersom det ikke er internett, hvor ofte skal innholdet manuelt oppdateres?
 - Behov for utskrift i A3 eller A4?
2. Hold opplæring
 - Opplæringen må være kort og innholdsrik. Det må gjøres i små grupper. Helst 1 – 3 personer. Det er viktig at dette gjøres ute på byggeplassen, og at personene får prøve BIM-kiosken selv.
 - Start med personene som er mest interessert – disse vil igjen kunne lære opp andre.
3. Gjør det enkelt
 - Automatisk pålogging
 - Kun leserrettighet
 - Begrenset tilgang til internett
 - Hyperlinker til prosjekthotell
4. Oppfølging og vedlikehold av kiosken
 - Gi ansvaret til en person med kunnskap innen BIM og IT
 - Hold kontinuerlig opplæring
 - Ha oppdatert informasjon tilgjengelig på BIM-kiosken
 - Vedlikehold programvarer

5. Kostnadsramme

- Betal kun for det du trenger
- Dele kostnad med underentreprenører og/eller byggherre

5.6 Videre arbeid

BIM-kiosker på byggeplass er et relativt nytt verktøy i produksjonsfasen. Det er tidligere gjort lite arbeid med å kartlegge bruk av BIM-kiosker på byggeplass, og det er fortsatt usikkerhet om dette er et verktøy som er kommet for å bli. Gjennom arbeidet med denne oppgaven er det sett på flere av de største entreprenørene i Norge sine erfaringer rundt bruken av BIM-kiosker. Dette er likevel ikke grunnlag for en statistisk generalisering av resultatet. For å generalisere resultatene til studien vil det være avgjørende å se på forskjellige typer byggeprosjekter, samt å utvide horisonten utover Norge. Det vil også være interessant å se på erfaringer fra andre enn bare entreprenørene, for eksempel byggherrer, rådgivere og leverandører av software til BIM-kioskene.

I metodekapittelet er det beskrevet alternative metoder til studien, og dette er eksempler på hvordan arbeidet kan videreføres. Ved direkte og deltakende observasjoner kommer en mer innpå brukerne, og kan sette seg inn i brukernes hverdag. Det ville også vært interessant å sammenligne prosjekter på noenlunde lik størrelse, der noen bruker BIM-kiosk på byggeplass, mens andre ikke gjør det.

Flere av intervjuobjektene mener at BIM-kiosker kombinert med nettbrett er en god løsning for fremtidens bruk av BIM på byggeplass. Enkelte tror også at BIM-kiosk bare er en mellomfase, og at håndholdte løsninger kommer til å ta over. På grunnlag av dette er det av interesse å finne ut mer om hvordan nettbrett kan utvikles og ta over for BIM-kiosker, eventuelt brukes sammen for å gi et enda bedre tilbud på byggeplassen.

Videre forskning bør også prøve å gjøre mer testing for å validere interaksjonene som ble funnet mellom lean construction og BIM-kiosker, og undersøke om det fins flere interaksjoner som bør inkluderes. I tillegg til å se på BIM-kiosker på byggeplass bør forskere studere potensialet for å ta i bruk nettbrett og smarttelefoner i synergi med lean construction.

Litteraturliste

- Alarcon, L., Mandujano, M. & Mourgues, C. 2013. Analysis of the implementation of VDC from a lean perspective: Literature review. *Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction*, 31-2.
- Ambler, S. 2002. Validating agile models. *Cutter IT Journal*, 15, 33-39.
- Angeltveit, R., Evjen, P. J. & Haugen, R. 2006. *Coaching, utvikling og ledelse*, Oslo, Akilles.
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C. & O'reilly, K. 2011. Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction*, 20, 189-195.
- Atkinson, A. 1998. Human error in the management of building projects. *Construction Management and Economics*, 16, 339-349.
- Aubert, V. & Alstad, B. 1985. *Det skjulte samfunn*, Oslo, Universitetsforlaget.
- Autodesk. 2007. *BIM and Cost Estimating* [Online]. Tilgjengelig fra: http://images.autodesk.com/apac_grtrchina_main/files/aec_customer_story_en_v9.pdf [Lest 29. februar 2016].
- Ballard, G. & Howell, G. 1994. Implementing lean construction: stabilizing work flow. *Lean construction*, 101-110.
- Ballard, H. G. 2000. *The last planner system of production control*. The University of Birmingham.
- Betonmast. 2015. *HiST Teknologibyg* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.betonmast.no/Selskaper/trondelag/Prosjekter.aspx?GroupID=GROUP23&ProductID=266&PID=2117> [Lest 07. mars 2016].
- Betonmast. 2016. *Betonmast Trøndelag* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.betonmast.no/Selskaper/trondelag.aspx> [Lest 07. mars 2016].
- Bim Pro. 2015. *BIM prosjektering* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.bim-pro.ee/page.php?pgID=9dfcd5e558dfa04aaf37f137a1d9d3e5&l=no> [Lest 24. februar 2016].
- Bråthen, K. & Moum, A. 2015. Bridging the gap: Taking BIM to the construction site. *Engineering Construction and Architectural Management*.
- Buildingsmart. 2012. *Bruk av BIM til fremdrift og ressursstyring (4D)* [Online]. Tilgjengelig fra: http://buildingsmart.no/sites/buildingsmart.no/files/bsnp_5_ressursstyring_og_fremdrift_v0.5.pdf [Lest 29. februar 2016].
- Bygg.No. 2015. *BIM-kiosker beste idé på den kloke tegning* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/article/1252390> [Lest 29. april 2016].
- Bysheim, K., Lier, B. & Skreden, P. 2012. BIM - Utfordringer og muligheter for norsk treindustri. *Norsk Treteknisk Institutt*.
- Cant, D. 2014. *Is Building Information Modelling making it's Mark?* [Online]. Veritas Consulting. Tilgjengelig fra: <http://www.veritas-consulting.co.uk/how-much-money-is-BIM-saving-you> [Lest 15. mars 2016].
- Chen, Y. & Kamara, J. M. 2008. Using mobile computing for construction site information management. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 15, 7-20.
- Curt 2004. *Collaboration, Integrated Information, and the Project Lifecycle in Building Design, Construction and Operation*.

- Dalland, O. 2012. *Metode og oppgaveskriving for studenter*, Oslo, Gyldendal akademisk.
- Daniel, E. I., Pasquire, C. & Dickens, G. 2015. Exploring the implementation of the Last Planner® System through IGLC community: Twenty one years of experience. *23rd Annual proceedings of the of the International Group for Lean Construction, Perth Australlia*.
- Davies, K., Mcmeel, D. & Wilkinson, S. 2015. Soft skills requirements in a BIM project team. *Proc. of the 32nd CIB W78 Conference 2015, 27th-29th October 2015, Eindhoven, The Netherlands*, 108-117.
- Davies, R. & Harty, C. 2013. Implementing 'site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project. *Automation in Construction*, 30, 15-24.
- Dodge Data & Analytics 2015. Measuring the Impact of BIM on Complex Buildings. *SmartMarket Report*.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. 2011. *BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, Hoboken, Wiley.
- Eikeland, P. T. 2001. Teoretisk analyse av byggeprosesser. *Forprosjekt til "Felles teorigrunnlag for organisering av byggeprosesser"*.
- Flyvbjerg, B. 2006. Five misunderstandings about case-study research. *Qualitative Inquiry*, 12, 219-245.
- Fransson, A., Berghede, K. & Tommelein, I. D. Takt time planning for construction of exterior cladding. *Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l Group for Lean Construction*, 2013.
- Gaspar, J. & Manzione, L. 2015. Case studies using new methodology for company-oriented BIM training. *Proc. of the 32nd CIB W78 Conference 2015, 27th-29th 2015, Eindhoven, The Netherlands*, 215-224.
- Granér, R., Bureid, G. & Bedre, S. 1995. *Personalgruppens psykologi*, Oslo, TANO: I samarbeid med Bokklubben bedre skole.
- Greif, M. 1991. *The visual factory: building participation through shared information*, Productivity Press.
- Hanna, R. J. & Simensen, K. H. 2015. BIM på byggeplass. *Den kloke tegning 2015*.
- Hardin, B. 2011. *BIM and Construction Management : Proven Tools, Methods, and Workflows*, Chichester, Wiley.
- Harstad, E., Lædre, O., Svalestuen, F. & Skhmot, N. 2015. How tablets can improve communication in construction projects. *Proceedings of IGLC 23, Perth, Australia*.
- Hart, C. 2001. Doing a literature search: a comprehensive guide for the social sciences.
- Hewage, K. N. & Ruwanpura, J. Y. 2006. Carpentry workers issues and efficiencies related to construction productivity in commercial construction projects in Alberta. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33, 1075-1089.
- Hinna Park. 2016. *Gullfaks* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.hinna-park.no/våre-eiendommer/gullfaks> [Lest 02. mai 2016].
- Imai, M. 1997. *Genba kaizen: a commonsense low-cost approach to management*, New York: McGraw-Hill Professional.
- Kensek, K. M. 2014. *Building information modeling*, New York, Routledge.

- Khanzode, A., Fischer, M., Reed, D. & Ballard, G. 2006. A guide to applying the principles of virtual design & construction (VDC) to the lean project delivery process. *CIFE, Stanford University, Palo Alto, CA.*
- Kirkehei, I. & Ormstad, S. S. 2013. Litteratursøk. *Norsk epidemiologi*, 23.
- Koskela, L. 1992. *Application of the new production philosophy to construction*, Stanford University Stanford, CA.
- Koskela, L. 2000. *An exploration towards a production theory and its application to construction*, VTT Technical Research Centre of Finland.
- Koskela, L., Howell, G., Ballard, G. & Tommelein, I. 2002. The Foundations of Lean Construction. Design and Construction: Building in Value, R. Best, and G. de Valence, eds. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, Elsevier.
- Kruse Smith. 2016a. *Bygg din egen BIM-kiosk* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.kruse-smith.no/aktuelt/bygg-egen-bim-kiosk/> [Lest 27. april 2016].
- Kruse Smith. 2016b. *Om kruse Smith* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.kruse-smith.no/om-kruse-smith/> [Lest 28. april 2016].
- Kubba, S. 2012. *Handbook of Green Building Design, and Construction*, Elsevier Inc.
- Lean Enterprise Institute. 2016. *Takt Time* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.lean.org/lexicon/takt-time> [Lest 18. mars 2016].
- Light, D. 2011. *BIM Implementation - HOK buildingSMART* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-implementation-hok-buildingsmart> [Lest 08. mars 2016].
- Liker, J. K. 2003. *The Toyota way*, New York, McGraw-Hill.
- Michigan State University. 2008. *Lean Construction - A Promising Future for MSU* [Online]. Tilgjengelig fra: https://msu.edu/~tariq/C2P2AI_LeanConstruction_WhitePaper.pdf [Lest 20. april 2016].
- Miettinen, R. & Paavola, S. 2014. Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, 84-91.
- Morin, G., Hassall, S. & Chandler, R. 2014. Case study - The real life benefits of Geotechnical Building Information Modelling. *Information Technology in Geo-Engineering*, 95-102.
- Mäki, T. & Kerosuo, H. 2015. Site managers' daily work and the uses of building information modelling in construction site management. *Construction Management and Economics*.
- National Institute of Building Sciences. 2016. *What is a BIM?* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1> [Lest 24. februar 2016].
- Ntnu. 2016. *Sam-BIM* [Online]. NTNU. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/ab/sam-bim> [Lest 15. mars 2016].
- Ohno, T. 1998. *Toyota production system, productivity*. Press Portland, Oregon, USA.
- Ruwanpura, J. Y., Hewage, K. N. & Silva, L. P. 2012. Evolution of the i-Booth© onsite information management kiosk. *Automation in Construction*, 21, 52-63.
- Røsdal, T. & Ørstavik, F. 2011. *Kommunikasjon i byggeprosjekter*. Oslo: NIFU.
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A. & Owen, R. 2010. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management-Asce*, 136, 968-980.

- Sacks, R. & Pikas, E. 2013. Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management. I: Industry Requirements, State of the Art, and Gap Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Sacks, R. & Radosavljevic, M. 2010. A Building Information Modelling Based Production Control System for Construction. *18th CIB World Building Congress*. Rotterdam (Netherlands): in-house publishing.
- Sacks, R., Treckmann M. & Rozenfeld O. 2009. Visualization of Work Flow to Support Lean Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135, 1307-1315.
- Samset, K. 2014. *Prosjekt i tidligfasen: valg av konsept*, Bergen, Fagbokforl.
- Scott, N., Ponniah, D. & Saud, B. 1994. Computing and the construction industry. *Structural survey*, 12, 10-14.
- Smedvig. 2016. *Ipark, Arkivenes Hus* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.hinna-park.no/våre-eiendommer/gullfaks> [Lest 02. mai 2016].
- Statsbygg. 2012. *Prosjekt 1000501 campus Ås samlokaliseringsprosjektet (slp) - Gjennomføring kontrakt k230 tett bygg* [Online]. Doffin. Tilgjengelig fra: <https://kgv.doffin.no/ctm/Supplier/Documents/Folder/141066> [Lest 4. april 2016].
- Teicholz, P. & Sacks, R. 2011. "Blog discussion: What is your opinion about the proper content of BIM education?" [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.linkedin.com/groups/What-is-your-opinion-about-98421.S.56575476> [Lest 7. mars 2016].
- Tenah, K. 1986. Construction Personnel Role and Information Needs. *Journal of Construction Engineering and Management*, 112, 33-48.
- Uco. 2016a. *Om UCO* [Online]. Tilgjengelig fra: www.uco.no/Om-UCO/ [Lest 15. februar 2016].
- Uco. 2016b. *Verktøyvogn 500 kg* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.uco.no/Produkter/Verkstedutstyr/Traller-og-vogner/Mal---Traller-og-vogner/Verktoyvogn-lastekapasitet-500-kg/> [Lest 15. februar 2016].
- Uio. 2004. *Kvalitativ metode* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.uio.no/studier/emner/hf/imk/MEVIT1310/v04/undervisningsmateriale/m.1uders.kval.met.fls.pdf> [Lest 23. februar 2016].
- Van Berlo, L. a. H. M. & Natrop, M. 2015. BIM on the construction site: Providing hidden information on task specific drawings. *Journal of Information Technology in Construction*, 20, 97-106.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. 1996. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, New York: Simon & Schuster.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. 2003. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, New York, Free Press.
- Yin, R. K. 2014. *Case study research: Design and Methods*, USA.
- Zhao, D., Mccoy, A. P., Bulbul, T., Fiori, C. & Nikkhoo, P. 2015. Building Collaborative Construction Skills through BIM-integrated Learning Environment. *International Journal of Construction Education and Research*, 11, 97-120.
- Østby-Delgum, E., Svalestuen, F. & Drevland, F. 2013. Kompendium i TBA4127/AAR4951 Prosjekteringsledelse. NTNU.

DEL 2: Vitenskapelige artikler

Artikkel I:

Experiences from the use of BIM-stations

Murvold, V., Vestermo, A., Svalestuen, F., Lohne, J., og Lædre, O. (2016). "Experiences from the use of BIM-stations."

Artikkel II:

BIM-stations: what it is and how it can be used to implement lean principles

Vestermo, A., Murvold, V., Svalestuen, F., Lohne, J., og Lædre, O. (2016). "*BIM-stations: what it is and how it can be used to implement lean principles.*"

EXPERIENCES FROM THE USE OF BIM-STATIONS

Vegar Murvold¹, Aleksander Vestermo², Fredrik Svalestuen³, Jardar Lohne⁴
and Ola Lædre⁵

ABSTRACT

BIM has gone from being a design-tool to being an important part of the production process. BIM-stations make 3D-models available for everyone, including all the workers on-site.

This paper 1) reports on experiences from the use of BIM-stations on site and 2) suggests certain improvements to increase the benefit of the BIM-stations. Following a case study approach, it examines the production phase of a building project in Norway.

Initially, a survey among 50 workers on-site was carried out. Both carpenters, plumbers and electricians conducted the survey. This was followed by semi-structured in-depth interviews with six key actors. Among the interviewees was the project manager, the BIM-coordinator on the project, and managers from the project owner's organization.

The research revealed that workers experience saving time with BIM-stations. They report higher productivity due to having the necessary information available at all time. The highest productivity increase appeared for the MEP workers.

This study was carried out over a relatively short period, with limited access to measurements of cost and savings from the use of BIM-stations. Nonetheless, the findings are still very positive and can guide future implementation of BIM-stations in the production phase.

KEYWORDS:

Building information modelling, BIM on site, BIM-stations, visualization, on-site communication

¹ M.Sc., Dept. of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, +47 918 13 994, vegarmu@stud.ntnu.no

² M.Sc., Dept. of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, +47 928 41 916, aleksave@stud.ntnu.no

³ Ph.D. Candidate, Dept. of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU)/Veidekke Entreprenør AS, Norway, +47 986 73 172, fredrik.svalestuen@ntnu.no

⁴ Research scientist, dr. art., Department of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway

⁵ 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

INTRODUCTION

The use of 3D-models as a building modelling tool has been in constant development since it was introduced in the late 1970s and early 1980s. Computer Aided Design (CAD) started out as a design tool primarily for mechanics, electronics and aerospace (Eastman et al. 2011). The systems were expensive and overwhelmed the available computing power. As the development went on, new digital tools for all industries were introduced. In the building industry, the Building Information Modelling (BIM) appeared.

BIM is a three-dimensional CAD-technology, widely used in the design phase of all kinds of projects. It is even a requirement from some project owners. BIM has the potential to reduce the number of errors and omissions, as well as improving collaboration in projects, and eventually increasing productivity and reducing costs (Cant 2014).

Even if BIM typically has been seen as a tool for only the design phase, the technology equally represents a great potential in the construction phase. Some of the areas of use in this phase are visualization, calculation, planning and clash detection. Although these are uses for BIM in the production phase, the BIM is usually reserved for managers at the construction office. BIM is significantly less used on the construction site, where paper drawings still dominate. A current trend in construction is that projects are getting more complex and require detailed drawings. Van Berlo and Natrop (2015) question if the information presented by the drawings really constitute the information needed on the construction site. They even claim that most drawings are not specific enough for specialized tasks. With BIM, much more information is available.

To develop the use of BIM in the production further, it consequently seems desirable to move BIM from the office to the construction site, where the physical work is actually carried out. Such an introduction of BIM to the workplace enable information to be available when and wherever it is needed.

In this paper, we examine a case from the Norwegian construction industry. The case project is an ongoing project, notably the building of a new university building in Trondheim, Norway. The project was initiated by the Norwegian Directorate of Public Construction and Property, Statsbygg, as building owner.

In this project the main contractor, Betonmast, has introduced so-called BIM-stations on site. A BIM-station is a computer with a large screen placed on the construction site, where the workers can access the information they need. Here they can find the 3D-model, the web hosting service with all the drawings and other useful information previously reserved for the management.

The main contractor is using BIM-stations for the first time on this project. In addition, only a limited number of contractors and clients have previous experience with use of BIM-stations. Since research on the topic seems limited, but the potential to achieve higher productivity in the production process seems great, we wanted to:

- 1) report on experiences from the use of BIM-stations on site and
- 2) suggest improvements to increase the benefit of the BIM-stations

This paper proceeds as follows; first, we review recent research on the use of BIM on construction sites. Second, we present our research method. Next, we present and discuss our findings on the use of BIM-stations in the case study. Finally, some concluding remarks follow.

RESEARCH METHODS

The literature part of the study followed the steps specified by Blumberg et al. (2011), notably 1) the building of an information pool, 2) the application of a filter to reduce pool size, 3) a rough assessment of sources to further reduce pool size, 4) an analysis of the literature in the pool and 5) the refinement of filters or stop search when theoretical saturation is reached. This provided the theoretical framework as the basis for the research of this paper.

To gain knowledge about the utilization of the BIM-stations, what effects they might have and to find possible improvements, a case study was carried out. According to Yin (2014), a case study is most relevant if the questions one seek to explain is about “how” or “why” some phenomenon works. The same goes for questions that require an “in-depth” description. This made a case study the preferred choice for the research method.

There are two reasons why the new university building was chosen as case. First, the two first authors of the paper had part-time jobs on this project during the research period of 4 months. One of the responsibilities was to keep the BIM-stations running. This enabled observations and conversations with the workers during the research period. These observations and conversations provided the foundation for the research questions, and not at least for the questions in the interview guide and the survey. The authors have strived, however, to avoid that the impression from the observations and conversations impacted too strongly on both analysis and discussion. Second, this is a complex university building project, consisting of both new buildings and rehabilitation, with an area of approximately 16.000 m². Because of a very short construction period, the main contractor concentrated on achieving high productivity. To make this possible, the contractor introduced lean principles as takt-time planning and visual management. BIM-stations can be seen as a way of facilitating lean principles, as described by Vestermo et al. (2016).

The case study is based on document studies, in-depth interviews with 5 key actors with expertise and knowledge on the topic and a survey. The authors carried out the document study in order to acquire knowledge with background information of the project and the BIM-stations. The project managers from both building owner, main contractor and technical subcontractor, as well as the BIM-specialist on the project and head of the contractor’s BIM department were interviewed. In general, the interviewees were chosen among those considered as having the best knowledge about the background for using BIM-stations.

The quantitative data in this paper results from a survey among 48 construction workers. Of these, 24 were carpenters, 12 electricians and 12 plumbers. The purpose of the survey was to map the use of the BIM-stations in addition to user’s attitude and behaviour. The questions were a combination of multiple choice and free text answers. Multiple choice gave the ability to compare the answers and obtain a statistical representation.

The limited scope of the study does not permit for generalising the results. However, as Flyvbjerg (2006) points out, even a small number of interviewees can constitute a powerful source of information to generate new knowledge.

THEORETICAL FRAMEWORK

THE USE OF BIM AND INFORMATION CHANNELS ON CONSTRUCTION SITES

Studies have shown that the information on construction site seems to be inadequate. Hewage and Ruwanpura (2006) carried out research on this in Canada in 2003, with field observations, interviews and surveys. Findings indicate that the workers wanted an opportunity to view 3D and 4D (3D with timeline) drawings, technical information, safety information, weather updates, and other information related to the outcomes of the project. Many workers also described a lack of clarity surrounding the instructions and the technical details. Nearly all the interviewed foremen reported difficulties in accessing the real-time information from the head-offices. Foremen spent about 15 % of their working time walking between the site office and the working area. Almost all the workers expressed that they were not aware of how the final product should be.

These results were presented 10 years ago, but it seems like it is only over recent years that something has been done about it. There have been many attempts to obtain more information to the construction site, with devices like tablets and computer-kiosks. Ruwanpura et al. (2012) concluded that there was need for an information kiosk that could show updated information. Accordingly, they developed the so-called i-Booth. This was an on-site communication framework, designed to give the site-workers material management, work demonstrations and updated drawings. The i-Booth had positive results in productivity, efficiency and worker satisfaction.

The use of tablets is another way of getting information to the construction site. Davies and Harty (2013) studied the implementation process of “SiteBIM” in a case study of a large hospital project in the UK. Mobile tablets were used to access the project’s BIM model. The model was automatically updated when the tablet was connected to the network at the construction site. Tablets on site combined with an in-house document management showed positive results, like waste reduction and a lower than usual cost growth for service installations.

Atkinson (1998) states that bad communication is one of the main reasons why errors occur during the construction phase. Harstad et al. (2015) researched how tablets can improve communication on the construction site. This research showed that tablets could provide an easy access to up-to-date drawings and BIM on the construction site. It was found that tablets make it less time-consuming to obtain necessary information. The research showed, however, that some workers have little or no motivation to use new tools on the construction site. Furthermore, Harstad et al. (2015) emphasize the importance of adequate supervision, training and change in culture when new tools are introduced at the construction site.

The construction industry has been known to have some resistance in using new technologies (Brodie and Perry 2001). The resistance to IT is especially evident on building sites (Scott et al. 1994). The study of Hewage et al. (2008) showed that the older and more experienced workers tended to be the most resistant. This also proved to be the case in the research of Harstad et al. (2015).

Several researchers have pointed out the importance of training to utilize BIM in construction. Hardin (2011) maintained, for instance, that; “You wouldn’t hand a man a tool without training him how to use it [...] the same rule applies to BIM”. So when another contractor in Norway, Skanska, developed their prototype of what they called

a “BIM computer kiosk” in 2014, they focused on training sessions (Bråthen and Moum 2015). A training program was developed by Skanska’s BIM coordinator to give the workers a sufficient basis of knowledge on how to use the BIM-model in their daily work. They carried out the training at the construction site, gathered around the BIM computer kiosk. One session could include approximately five workers and last about one hour. The workers could ask questions and everyone got to navigate in the model during the sessions. The result was a highly used computer kiosk, with documented positive results, especially for the workers on electricity and ventilation (Bråthen and Moum 2015).

Different approaches to BIM on site have been tried, and it is hard to say if one is better than the other. The i-booth, computer kiosks and tablets are all examples of ways of getting more information to the construction site. With BIM on site, the information also includes a valuable opportunity to visualize the building in 3D. The use of BIM on site is new to most, and an implementation may involve cultural change and time for training to get benefits greater than the costs. Although BIM might not be suited for all building projects at present, some building owners demand that certain buildings are designed with BIM.

Based on this review we can see that there is still a limited amount of research on the use of BIM on-site, and that further efforts are needed to bridge this gap in knowledge.

FINDINGS AND DISCUSSION

Set-up of the BIM-stations

A BIM-station can best be characterized as an on-site information tool, typically as a computer connected to a TV-screen. On the examined project, the BIM-coordinator had to design how the BIM-stations should be set up from scratch. A 40-inch TV-screen was placed inside a freight-case on wheels together with a powerful computer and cooling devices. Six of these home-made BIM-stations were placed on site, one on each floor of the building, available for everyone.

The BIM-stations provided the site-workers with constant access to an up-to-date BIM and all the drawings from the web hosting service. Apart from the design, the BIM-stations were a lot like Skanska’s “BIM computer kiosks”. Both allow site workers to visualize the planned project on a big screen and use the 3D-model to plan their work. Additionally, the workers can go to the BIM-stations to get information about delivery times to the site, HSE-information, weather forecasts and updated rig plans.

The use of BIM-stations was a wish of the building owner. They had positive experiences from previous projects, and believed that this could improve the project. The main contractor, Betonmast, wanted to follow their competitor’s technological development, and decided in collaboration with the project owner to invest in BIM-stations on this project. An implementation of BIM-stations entails a certain amount of costs and effort. The project owner covered the costs, while Betonmast developed the BIM-kiosks and the technical subcontractor was in charge of the internet connection.

EXPERIENCES FROM THE USE OF BIM-STATIONS

Limited Use and Lack of Training

Firstly, the BIM-stations were found to be used less than desired. The qualitative data collected from the survey showed that the use has generally been poor. When asked if they use the BIM-stations, 79% of the MEP workers said that they use them, compared to only 12,5% of the carpenters. Within the MEP workers we find electricians and plumbers, reporting almost the exact same use. The limited use was confirmed through all of the interviews in the case study. Both the survey and the interviews reveal that most believe that the limited use is due to a lack of training. Survey respondents and interviewees alike pointed out training as an important part of the implementation of BIM-station in the production phase. The training was found to be inadequate when approximately 90 % stated that they had not received any training. Most workers also stated that this was their very first project with BIM-stations. Very few had tried anything like this before. A few had gotten some general information about the BIM-stations on the project, but only foremen had gotten proper training.

The managers claimed to be aware of the lack of training, but explained that resources for proper training had not been prioritized. As a consequence of the survey, the workers got a one-to-one training session by the BIM-stations. Although some workers claimed to be in too much of a hurry, most workers were positive to the training, and even stated that they used the BIM-stations more after this. The low priority of BIM-stations was also found through the document studies. Meeting minutes from the last 1.5 years were studied, looking for BIM-station-related cases. The result showed that BIM-station was mentioned in the starting phase, but never mentioned after the first one was mounted. In addition, the mounting was postponed a number of times before it was completed.

Difference in Use between MEP Workers and Carpenters

The second main finding was the large difference in use between MEP workers and carpenters. By talking to some of the carpenters, we got quotes like; “Why should we use the BIM? We get more useful information from the paper drawings.” This is probably true in some cases. An example is the level of details in the walls, where information about different layers and insulation often is excluded from the BIM-model to save time and computer capacity.

As shown in table 1, the use within two weeks varied a lot, and confirms the previous results. Most carpenters did not touch the BIM-station within the last two weeks before the survey, but for the MEP workers, the use seems to be evenly distributed. Almost 50% of the MEP workers state that they had used the BIM-stations four times or more over the last two weeks. As opposed, almost 90% of the carpenters stated that they had not used BIM-stations at all in the same period.

Table 1: The use of BIM-stations within two weeks

	How many times the BIM stations were used within two weeks				
	Never	Once	Two to three times	Four to ten times	Over ten times
MEP workers	21%	21%	13%	21%	25%
Carpenters	88%	8%	4%	0%	0%

Previous research has shown that older and more experienced workers tend to be the most resistant to new technology. This has been the case on this project as well. Some of the younger workers had experience with BIM-technology, and were the most positive to training sessions. To quote one of the older workers; “I have never used and I’m never going to use the BIM-stations. I don’t even use a computer at home. I have 12-year old son for those kinds of things”.

What the BIM-stations are used for

The interviews and surveys revealed what the BIM-stations on the project are used for. It was apparent that the 3D-model is the most used feature. Users report that they use the 3D-model to help visualize tasks, and to see how the finished building will be. By using the web hosting service at the BIM-station, the workers can get access to all of the drawings for the project. This is the function that is the second most used. All the drawings on the BIM-station is up-to-date, which can be needed by everyone on site. Many workers, especially the MEP workers, state that they save time having access to the drawings on site. Without the BIM-stations, workers have to walk all the way to the construction office to obtain the same information. Saving time this way is one of the main purposes of using BIM-stations on site, but it didn’t always work as planned. On this project, we experienced that workers walked to the office to ask someone to show them things in the 3D-model. When this happens, the biggest advantage of a BIM-station, notably the location on-site, is lost. Once again, the lack of training becomes apparent. The workers know that there is information in the BIM-stations on site, but go to the office anyway because they can’t find it themselves. The positive thing about this is that many workers now want to use the new tools. When someone see the benefits, the word is spread. Eventually, the positive attitude can spread throughout the construction industry, and tools like BIM-stations can be used even more. Rig plans and weather forecasts are also features that are available at the BIM-stations, but these seem to be less used. The interviewees claim that too much information available on-site may reduce the effect, when users take longer to find what they need.

Improved Communication with BIM-stations

The interviews and survey showed both that workers and managers alike think BIM-stations can improve the communication on the construction site as well. Both communication between different companies regarding interfaces and communication within the companies is reported to have been improved on this project. In addition, 3D-models at the BIM-stations can be a way of bridging the communication gap between subcontractors caused by their different native languages. Other ways of using BIM-station to communicate exist as well. At this project, the screensavers on the BIM-stations had HSE-messages and –pictures. The interviewees state that it is hard to know if this had any positive effect, but it definitely did not hurt.

Positive Effects of BIM-stations

As for the positive effects of BIM-stations on the project, the opinions were divided. Some of the carpenters considered the BIM-stations an unnecessary cost, with no positive effects what so ever. That was yet not the general opinion. A large percentage of workers experienced saving time with BIM-stations. They reported higher productivity due to having the necessary information available at all time. The overall impression from both survey and interviews is a unanimity that the MEP workers have the greatest benefit of the BIM-stations. This is also reflected in the answers of the last question the workers were asked. We wanted to know if BIM-stations are something the workers would like to have access to at their next projects. 96% of the MEP workers wanted this, while the result from the carpenters was 50-50.

SUGGESTED IMPROVEMENTS TO INCREASE THE BENEFIT

Figure 1 shows what the workers suggested as improvements to increase the benefit of the BIM-stations. It was clear that proper training was something the workers wanted. When asked what had to be done to achieve greater use, most workers called for training sessions. Both workers and managers see this as the most important improvement that has to be done in order to exploit the BIM-stations' potential.

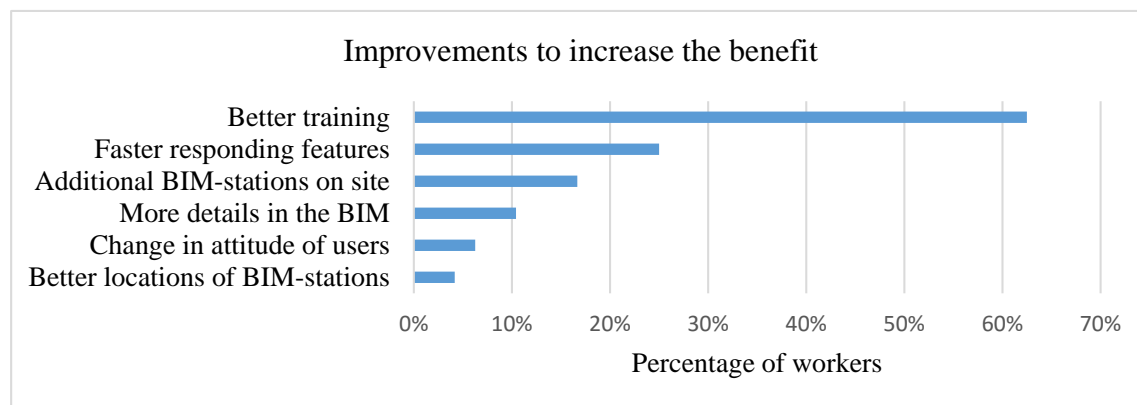


Figure 1: Improvements to increase the benefit, based on survey

Not all the workers were happy about the level of details in the BIM-model. It appears from the survey that the level of details is a limitation for the use of BIM-stations, especially for the carpenters. To increase the benefit of BIM-stations for carpenters, details as layers and insulation in walls should be added. For the MEP workers, the BIM-stations proved much more useful. The 3D-model made it much easier to visualize their tasks. However, all fields point out the ability to visualize the building as a big advantage of the BIM-stations.

The number of BIM-stations at the construction site was another thing some of the workers were unhappy about. The project was large, with about 15.000m² of new buildings. A few workers therefore stated additional BIM-stations as important to exploit the BIM-stations' potential. Better locations could according to the workers also increase the benefit.

A BIM that responds faster than today is another way of increasing the benefit of the BIM-stations. Some of the workers stated that they had stopped using the BIM-stations because downloading drawings took too much time.

The observational studies identified some challenges with the use of BIM-stations. Some of the workers had little or none respect for the BIM-stations on site, and did not

seem to care that others might need them. Like a few of the workers admit, it seems like a campaign to improve worker's attitude could improve the benefit of the BIM-stations. The BIM-stations were often found unplugged and stored in a corner, or under a pile of junk and clutter. This led to another problem, the downtime. Moving and reconnecting the BIM-stations was found to take a lot more time than expected. Improving the prototype to a more mobile station would make this easier, result in less downtime and increase the benefit.

CONCLUSION

By presenting experiences from the use of BIM-stations, this paper supplements existing literature on the topic. BIM-stations give the workers access to the project information on site. The 3D-model helps visualize the project, and the web hosting service provides easy access to up-to-date drawings on the construction site. This can eventually lead to higher productivity in the production process. It has been found that MEP workers benefit the most from the BIM-stations. They use the 3D-model to visualize, plan their tasks and solve any problems that may arise. Carpenters also benefit from the BIM-stations, mostly by saving time getting the necessary drawings, but they were not using the BIM-stations as much as desired.

The costs of implementing BIM-stations are usually covered by the building owner. This was also the case in this project, where the building owner covered all costs. The contractors benefitted from the BIM-stations without responsibility for the cost, so they were happy. For future projects, the authors recommend the client to ask the question about what to achieve with the BIM-stations before implementation. That can help when deciding the functionality. In the investigated case, it seemed like the client decided to use BIM-stations without considering what they wanted to achieve.

As for improvements, proper training is found to be crucial. On this project there has been too little training in order to exploit the BIM-stations' potential. Many workers also pointed out that the BIM-model could be improved, with more details and faster responds. Additional BIM-stations on better locations is another thing the workers pointed out as possible improvements. These small changes, in addition to a change in some workers' attitude to new technology, could be great improvements in order to increase the benefit of BIM-stations on site. We consider the need for a cultural change in mind-set to be something that will take some time, but come more or less automatically when the project participants on site get used to continuous access to the BIM through i-booth, computer kiosk or tablets. However, there is still need for research on the use of BIM-stations in order to exploit the full potential. BIM-stations are a relatively new tool to access information at the construction site. The numbers of cases studied are few, which makes the findings unsuitable as a basis for statistical generalization. More research is needed to be able to conclude what workers on a construction site can use BIM for and what value it can give the construction process. With future research on the effects of BIM-stations on construction sites, BIM-stations can develop further, and become even better.

REFERENCES

- Atkinson, A. (1998). "Human error in the management of building projects." *Constr. Manage. Econ.*, 16(3), 339-349.
- Blumberg, B., Cooper, D. R., and Schindler, P. S. (2011). *Business Research Methods (3rd European Ed.)*, McGraw Hill, London.
- Brodie, J., and Perry, M. (2001). "Designing for mobility, collaboration and information use by blue-collar workers." *ACM SigGroup Bulletin*, 22(3), 22-27.
- Bråthen, K., and Moum, A. (2015). "Bridging the gap: Taking BIM to the construction site." *Engineering Construction and Architectural Management*.
- Cant, D. (2014). "Is Building Information Modelling making it's Mark?", <<http://www.veritas-consulting.co.uk/how-much-money-is-BIM-saving-you>>. (15. mars, 2016).
- Davies, R., and Harty, C. (2013). "Implementing 'site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project." *Autom Constr*, 30, 15-24.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K. (2011). *BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, Wiley, Hoboken.
- Flyvbjerg, B. (2006). "Five misunderstandings about case-study research." *Qual. Inq.*, 12(2), 219-245.
- Hardin, B. (2011). *BIM and Construction Management : Proven Tools, Methods, and Workflows*, Wiley, Chichester.
- Harstad, E., Lædre, O., Svalestuen, F., and Skhmot, N. (2015). "How tablets can improve communication in construction projects." *Proceedings of IGLC 23, Perth, Australia*.
- Hewage, K. N., and Ruwanpura, J. Y. (2006). "Carpentry workers issues and efficiencies related to construction productivity in commercial construction projects in Alberta." *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33(8), 1075-1089.
- Hewage, K. N., Ruwanpura, J. Y., and Jergeas, G. F. (2008). "IT usage in Alberta's building construction projects: Current status and challenges." *Autom Constr*, 17(8), 940-947.
- Ruwanpura, J. Y., Hewage, K. N., and Silva, L. P. (2012). "Evolution of the i-Booth© onsite information management kiosk." *Autom Constr*, 21, 52-63.
- Scott, N., Ponniah, D., and Saud, B. (1994). "Computing and the construction industry." *Structural survey*, 12(4), 10-14.
- Van Berlo, L. A. H. M., and Natrop, M. (2015). "BIM on the construction site: Providing hidden information on task specific drawings." *Journal of Information Technology in Construction*, 20, 97-106.
- Vesteramo, A., Murvold, V., Svalestuen, F., Lohne, J., and Lædre, O. (2016). "BIM-stations: What it is and how it can be used to implement lean principles." *Proceedings of IGLC 24, Boston, USA, 20-22 Jul 2016*.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: design and methods*, SAGE, Los Angeles, Calif.

Experiences from the use of BIM-stations

Murvold V., M.Sc., Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway

Vestermo A., M.Sc., Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway

Svalestuen F., PhD. Candidate, Norwegian University of Science and Technology, Norway

Lohne J., Research scientist, dr. art., Norwegian University of Science and Technology, Norway

Lædre O., Associate Professor, Norwegian University of Science and Technology, Norway

I. Background

BIM has gone from being a design-tool to being an important part of the production process. To develop the use of BIM in the production further, it seems desirable to move BIM from the office to the construction site, where the physical work is actually carried out. Such an introduction of BIM to the workplace enable information to be available when and wherever it is needed. BIM-stations make 3D-models available for everyone, including all the workers on-site. Following a case study approach, the paper examines the production phase of an ongoing project, building a new university building in Trondheim, Norway. In this project the main contractor, Betonmast, have introduced BIM-stations on site. The BIM-station is a place where site workers can access the information they need. Here they can find the 3D-model, the web hosting service with all the drawings and other useful information that was previously reserved for the management. The paper reports on experiences from the use of BIM-stations on-site, and suggests improvements to increase the benefit of the BIM-stations.

II. Current Conditions

Studies have shown that the information on construction site seems to be inadequate. Hewage and Ruwanpura (2006) carried out research on this in Canada in 2003, with field observations, interviews and surveys. Findings indicate that the workers wanted an opportunity to view 3D and 4D (3D with timeline) drawings, technical information, safety information, weather updates, and other information related to the outcomes of the project.

There have been many attempts to obtain more information to the construction site, with devices like tablets and computer-kiosks. Ruwanpura et al. (2012) developed the i-Booth. This was an on-site communication framework, designed to give the site-workers material management, work demonstrations and updated drawings. Tablets are another way of getting information to the construction site. Davies and Harty (2013) studied the implementation process of “SiteBIM” in a case study of a large hospital project in the UK. Mobile tablets were used to access the project’s BIM model. Both approaches had positive results in productivity, efficiency and worker satisfaction.

The construction industry has been known to have some resistance in adopting new technologies (Brodie and Perry 2001). The resistance to IT is especially evident on building sites (Scott et al. 1994). The challenge is therefore to get the workers to use the new information tools on site. The use of BIM on site is new to most, and an implementation may involve cultural change and time for training to get benefits greater than the costs.

Different approaches to BIM on site have been tried, and it is hard to say if one is better than the other. Based on the review of current conditions we can see that there is still a limited amount of research on the use of BIM on-site, and that further efforts are needed to bridge this gap in knowledge.

III. Working Hypotheses

- *BIM-stations can improve the production process by increasing the available information on construction sites, however; there are need for improvements to exploit the BIM-stations’ potential.*

IV. Research Method

To gain knowledge about the utilization of the BIM-stations, what effects they might have and to find possible improvements, a case study was carried out. The case study is based on document studies, in-depth interviews with 5 key actors with expertise and knowledge on the topic and a survey. The project managers from both building owner, main contractor and technical subcontractor, as well as the BIM-specialist on the project were interviewed. The quantitative data in the paper results from a survey among 48 construction workers. Of these, 24 were carpenters, 12 electricians and 12 plumbers. The purpose of the survey was to map the use of the BIM-stations in addition to the user's attitude and behaviour.

V. Research Findings and Conclusions

By using BIM-stations on site, you get access to all of the information where the job is done. The 3D-model helps visualize the project, and the web hosting service gives an easy access to up-to-date drawings on the construction site.

The case study showed that the MEP workers use the BIM-stations the most, as figure 1 and 2 shows. They use the 3D-model to visualize, plan their tasks and solve any problems that may arise. Carpenters are also found to benefit the BIM-stations, mostly by saving time getting the necessary drawings. The overall impression from both survey and interviews is a unanimity that the MEP workers have the greatest benefit of the BIM-stations.

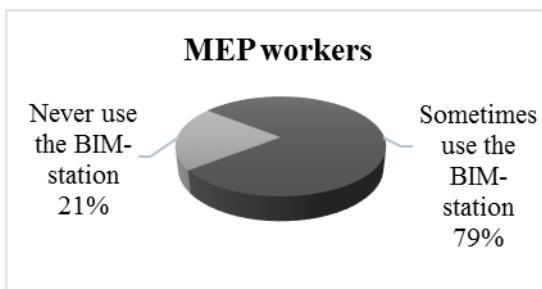


Figure 1: The use of BIM-station among MEP workers

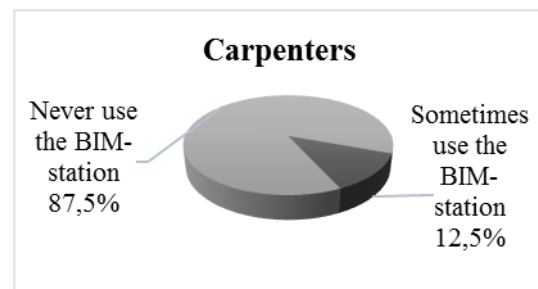


Figure 2: The use of BIM-station among carpenters

The interviews and survey showed that both workers and managers think BIM-stations can improve the communication on the construction site as well. Both communication between different companies regarding interfaces and communication within the companies are reported to have been improved in this project.

Although the BIM-stations have contributed to positive effects on the project, the survey showed that the BIM-stations were less used than desired. The limited use was confirmed through all of the interviews in the case study. Both survey and interviews revealed that most believe that the limited use is due to lack of training. Proper training is found to be crucial to exploit the BIM-stations potential. Many workers also pointed out that the BIM could be improved, with more details and faster responds. Additional BIM-stations on better locations is another thing the workers pointed out as possible improvements. These small changes, in addition to a change in some workers' attitude to new technology could be great improvements in order to increase the benefits of BIM-stations on site.

BIM-stations are a relatively new tool to access information at the construction site. The numbers of cases studied are few, which makes the findings unsuitable as a basis for statistical generalization. With future research on the effects of BIM-stations on construction sites, BIM-stations can develop further, and become even better.

BIM-STATIONS: WHAT IT IS AND HOW IT CAN BE USED TO IMPLEMENT LEAN PRINCIPLES

Aleksander Vestermo¹, Vegar Murvold², Fredrik Svalestuen³, Jardar Lohne⁴ and Ola Lædre⁵

ABSTRACT

Companies are starting to use BIM and Lean processes simultaneously to create predictable workflows. Contractors are taking BIM from the office and making it an on-site tool in the production phase. This is a relatively new approach to on-site production control, and there seems to be a lack of research regarding BIM-stations on-site. This paper explores 1) what a BIM-station is and 2) how it can be used to implement lean principles. The research is based on an extensive literature review and 10 general in-depth interviews of personnel from different management levels within five contractors.

According to the research carried out, a BIM-station can best be characterized as an on-site information-tool. The BIM-station is set up so the project participants can use it for an easy and constant access to an up-to-date BIM-model and drawings. Using a matrix that links BIM-station functions with lean construction principles, 12 interactions have been identified.

So far, very few projects have used BIM-stations, limiting the number of easily available cases. However, the analysis is presented so that it may be used to create a better understanding for companies wanting to implement BIM-stations and/or lean.

KEYWORDS

Building information modeling, BIM-station, BIM on site, Lean principles, Implementation

¹ M.Sc., Dept. of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, +47 928 41 916, aleksave@stud.ntnu.no

² M.Sc., Dept. of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, +47 918 13 994, vegarmu@stud.ntnu.no

³ Ph.D. Candidate, Dept. of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU)/Veidekke Entreprenør AS, Norway, +47 986 73 172, fredrik.svalestuen@ntnu.no

⁴ Research scientist, dr. art., Department of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway

⁵ 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

INTRODUCTION

To create predictable workflows, companies are starting to use lean processes and Building Information Model (BIM) simultaneously. This can provide better reliability of scheduling and deliver the most value from the client's perspective while consuming the fewest resources (Dodge Data & Analytics 2015).

BIM is a digital representation of a building's physical and functional characteristics. The information in BIM is what differentiates it from being just a 3D model. BIM is a resource for information about a building, and can be basis for decisions during the building's lifecycle. Digitalization of data in this way automates the coordination of changes to the model, and those involved can extract the information they need immediately after a change to the model.

According to Womack and Jones (1996), lean thinking can be summarized in five principles, notably value, value stream, flow, pull and perfection. Of these, they claim that value is the critical starting point. They consider value defined by the customer, and explain it as a good or a service that meets the customer's needs at a specific price at a specific time. The answer to what creates value is complex (Drevland and Lohne 2015). It will be a result of the conversation between the ends, means, and constraints of the client (Ballard 2008). In the opinion of the authors of this paper BIM could possibly be a good tool to increase the value of information between project participants and ensure a better understanding of the client needs throughout the whole building process.

Many firms are starting to use BIM as a lean tool through production planning and control. Bhatla and Leite (2012) established a framework for incorporating BIM functionalities like 4D scheduling and clash detection into the Last planner system™. Another way of improving the production planning is by increasing the detail for planning using BIM. Sacks et al. (2009) did this by developing a tool called "KanBIM". This represents the implementation of a lean pull system using BIM. The system helps to achieve stability in the workflow and to minimize waste of labour time in construction (Sacks et al. 2013). By giving the workers on site access to the BIM-model, they can visualize the final product and the potential of positive impacts is great.

BIM and Lean Construction have both been researched extensively the recent years. Different lean construction researchers claim that the use of BIM technology in construction can reduce inefficiencies and rework (Arayici et al. 2011; Sacks et al. 2010; Sacks et al. 2009). However, there has been little research linking these two (Sacks et al. 2010). One of the key principles of lean construction is continuous process improvement. By linking lean construction with BIM-stations, new work processes can emerge and create an even more efficient construction industry. Consequently, this paper addresses:

- 1) what a BIM-station is and
- 2) how it can be used to implement lean principles.

Firstly, we will present our research methods. Secondly, we review recent research on the use of BIM on site. Then we will list BIM-station characteristics and lean principles. Finally, we will link these together and analyse the interactions.

RESEARCH METHODS

The main body of the research is based on a literature review and general in-depth interviews with key actors from five contractor organizations. The review focused on the use of BIM in the construction phase, and how it is related to the principles of lean.

The literature study followed the steps specified by Blumberg et al. (2011) with; 1) the building of an information pool, 2) the application of a filter to reduce pool size, 3) a rough assessment of sources to further reduce pool size, 4) an analysis of the literature in the pool and 5) the refinement of filters or stop search when theoretical saturation is reached.

To gain experience in several areas, key actors from five of the leading contractors in Norway were interviewed. These contractors have to a varying degree adopted BIM-stations in their projects. Ten general in-depth interviews with people considered to be among the most experienced on BIM within these contractor organizations were conducted. These included seven BIM-specialists and three project managers. The interviews were carried out in line with the recommendations of Yin (2014).

In addition, the first two first authors of the paper had part-time jobs on a building project with BIM-stations during the research period. One of the responsibilities was to keep the BIM-stations running. This gave the ability to do observations and have conversations with the workers during the research period.

THEORETICAL FRAMEWORK

THE USE OF BIM ON SITE

Over the last years there has been developed different methods to bring BIM to the workers on site, enabling access to the model wherever they are. The different tools that are being used can be divided into three categories. 1) Computer terminals on site (hereafter called BIM-station), 2) mobile devices and 3) specialized environments (e.g., BIM-caves). With BIM on site, it is possible to find and solve problems early. This is a relatively new approach to on-site production control for contractors. Van Berlo and Natrop (2015) state that paper drawings typically dominate information on the workplace. Furthermore, they claim that BIM on site can realise a great potential in the construction phase and that construction workers get the benefit of visualizing when communicating with BIM on site.

Hewage and Ruwanpura (2006) found through their research that there was a need for a mobile, real-time information source on site. Workers wanted an opportunity to view 3D and 4D (3D with timeline) drawings, technical information, safety information, weather updates, and other information related to the project. Following this research, Ruwanpura et al. (2012) developed an information booth to give the workers on site access to material management, work demonstrations and updated drawings. This led to positive result in productivity, efficiency and worker satisfaction.

Davies and Harty (2013) found that there is limited research on how BIM has been used on site. They studied the implementation process of “SiteBIM” in a case study of a large hospital project in the UK. Mobile tablets were used to access the project’s BIM model. Tablets on site combined with in-house document management systems resulted in positive effects, like waste reduction and a lower than usual cost growth for service installations. Harstad et al. (2015) has also documented positive effects from their research on tablets at the construction site. In sum, tablets provide easy access to information, are easy to carry around, and can increase the understanding of the project while creating a new line of communication.

The contractor Skanska developed in 2014 a prototype of what they called a “BIM computer kiosk” (Bråthen and Moum 2015). They placed a computer connected to a

50-inch TV-screen on each floor of the building. These computer kiosks allowed workers to access the 3D-model on site. The equipment was placed inside a protective wooden cabinet with internet connection (Bråthen and Moum 2015). BIM kiosks were widely used and resulted in better productivity, especially for MEP workers.

Van Berlo and Natrop (2015) analysed a concept using BIM to generate drawings adapted to the task of workers on site. The idea behind this was to “[...] provide site workers with all the information they need for the task, but nothing more”. They found that this approach created a very good communication tool between the site office management and construction workers. According to Chen and Kamara (2008) the most effective way for workers to acquire information on site is to collect or capture information at the point where they are, when they need it.

BIM can result in a leaner construction process with a greater degree of utilization of prefabrication, improved workflow stability, reduced inventories and enhanced teamwork (Alarcon et al. 2013). When BIM is implemented in the design phase, there could be some challenges to carry it forward to the construction phase. Some of the most common barriers are: software and hardware issues, cultural barriers, contractual and legal aspect, lack of commitment, lack of training and lack of client request (Alarcon et al. 2013). Compared to the positive aspects with implementing BIM in the construction phase, however, the challenges must be said to be of relatively limited nature.

Different approaches to BIM on site have been tried, and it is hard to say if one is better than the other. The i-booth, computer kiosks and tablets are all examples of ways of getting more information to the construction site. These are also ways to introduce lean principles to construction projects. With BIM on-site, the workers have the benefits of better understanding of the planned building. This is due to possibilities for visualization and a greater level of collaboration between the site workers.

LEAN PRINCIPLES

In the following, we present seven lean construction principles that can interact with BIM-station characteristics. The principles are adapted from Sacks et al. (2010). These researchers came up with 56 hypotheses that link BIM and lean construction. According to the article, BIM can reduce variability in both product, process, cycle time and flexibility. The 56 issues identified were intended to guide and stimulate further research. Not all principles from the research of Sacks et al. (2010) are relevant to BIM-stations. The principles that are chosen for this research are listed in bold with a following explanation:

Go and see for yourself is a "going to gemba" principle. This is a principle of Japanese business strategy, which means "go to the real place." The gemba is where the action is and where the facts may be found (Imai 1997). The principle says that to really understand the situation, one must go to gemba (Liker 2003). **Standardization** of work process reduces variability and facilitates continuous improvement (Womack and Jones 2003). **Visual Management** is an orientation towards visual control in production, quality and workplace organization (Greif 1991). The goal is that visualisation should be immediately recognizable by anybody. This is one of the original “just-in-time” ideas (Koskela 1992). **Reducing variability** reduces the volume of non-value adding activities (Koskela 1992). **Reducing cycle time** reduces the time it takes to perform a process through elimination of non-value adding activities and variability reduction (Koskela 1992). **Cultivate an extended network of partners** - An extended network

of partners should be built, challenged, and helped to improve (Sacks et al. 2010). This can lead to better collaboration across disciplines in construction projects. **Decide by consensus, consider all options** - By increasing the number of people who influence a decision, one can expand the knowledge base for the decision to be taken. One can get more suggestions and opinions, thereby increasing the likelihood that the best decision is taken. This principle comes from practice at Toyota (Liker 2003).

Based on this review we can see that there is a limited amount of research regarding BIM on site and its effect on implementation of lean principles. Furthermore, there is a need for more research that can guide management when implementing lean principles along with BIM-stations.

FINDINGS AND DISCUSSION

According to the research carried out, a BIM-station can best be characterized as an on-site information tool. It is typically a computer connected to a TV-screen that the workers can use to easily visualize and determine how practical problems at the construction site can be solved. The BIM-station is set up so the project participants can use it for an easy and constant access to an up-to-date BIM-model and drawings. It is a meeting place for collaboration internally and between different disciplines, contributing to problem solving. Contractors also use the BIM-station as an information channel to show delivery schedule, HSE-information, weather forecasts and updated rig plans.

The aim with the BIM-station is to increase the availability of information. Building projects are becoming more complex and harder to build. Workers, particularly in technical disciplines may have difficulty to imagine how the final products should be with only 2D drawings. With the BIM-station, contractors and suppliers could extract the information they need to achieve the intended result. The BIM-station also contributes to a better cooperation between the workers, partly because it can bridge a gap caused by their different native languages. They can use the BIM-model in face-to-face collaboration. By using BIM-stations, workers can easily visualize and determine how practical problems at the construction site can be solved.

A large percentage of workers we talked with experienced saving time with the BIM-stations. They reported higher productivity due to having the necessary information available at all time. MEP workers use the 3D-model to visualize, plan their tasks and solve any problems that may arise. Carpenters are also found to benefit the BIM-stations, mostly by saving time getting the necessary drawings. The overall impression from the workers is that the MEP workers have the greatest benefit of the BIM-stations. However, some workers find it inconvenient to have access to the BIM-model on only these specific locations. Some of them report that they rather would want to use computer tablets, and that this may be a more practical tool than the BIM-stations. The BIM-specialists interviewed claimed, however, that the tablet software for BIM is not good enough yet. In addition, tablets are fragile in rough environments like a construction site. During the research period there was also carried out a case study. Look at the research of Murvold et al. (2016) for all experiences from the use of BIM-stations on this project.

BIM-STATION CHARACTERISTICS

In the following section, we present and explain the content of table 1, which presents the most important BIM-station characteristics we found through both the literature review and the interviews.

Table 1: BIM-Station Characteristics (not ranked after importance)

BIM-Station Characteristics
Visualization of form. A BIM-station contains BIM program with 3D model for visualization of the final product. It makes the 3D model accessible for the workers on site to visualize the building design.
Visualization of process status. To see clearly the process status, the BIM-station can be used to visualize progress compared with the planned progress. For example, visualization of a three-week plan.
Automatic generation of lists. Workers can enter a room in the BIM and automatically get generated a list of materials needed for this room. This list can then be used to deliver this equipment directly to the room.
Online access to documents. An object in the 3D model can work as a hyperlink to databases. By clicking on the object, a list with links to choose from will appear. There you can get information about floor plans, details, room form, safety sheets and other useful documents. Another alternative is a web page as a background on the BIM-station. On this web page, you will find the same information as on the hyperlink-objects in the 3D model.
Easy maintenance and updating of information. The 3D model updates automatically at the BIM-station. It will be updated whenever it is needed through Dropbox or a script directly linked to the web hosting service.
Easy updating of drawings and documents. When updated technical drawings along with other documents is added to the web hosting service, it will be available for download directly from the BIM-station.
Two-way communication. BIM station can act as a meeting place for workers from one or more disciplines, where everyone can see the 3D model and discuss together as a group.
Online/Electronic Communications. Information like production basis, information about the shipments, weather, safety or other messages from the management can be sent to users through the BIM-station.
Feedback to the management. E-mails can be sent directly from the BIM station to the management. This may be reports, comments on the 3D model or other messages.

INTERACTION BETWEEN LEAN AND BIM-STATIONS

In the following, we propose 12 interactions between the BIM-station characteristics and the lean principles. These propositions are based on the literature review and the interviews. Table 2 contains the interactions we consider to be the most important (not ranked).

Table 2: Interactions between BIM-station Characteristics and Lean Principles

Interactions between BIM-station Characteristics and Lean Principles
(1) A BIM-station makes it possible for the workers to visit the construction site through a virtual reality with the use of BIM.
(2) A BIM-station make it possible for the workers to visualize changes faster as they have access to updated drawings and a 3D model on site.
(3) Using a BIM model on a BIM-station let the workers on-site get a better understanding of how the final product is going to be. The BIM-station can be used for clarification in situations where information in 2D drawings is lacking.
(4) Direct delivery of information to a BIM-station reduce waiting times and improve flow.
(5) By having a BIM-station online, the process of obtaining updated drawings to the construction site can be simplified. This could also prevent a lot of paper waste since the workers do not have to print new drawings to check for updates.
(6) Having online access to information on the BIM-station standardize the way of obtaining information. Workers can retrieve drawings directly from the BIM-model, rather than having them all pre-printed.
(7) Process visualization and online communication make it possible to use BIM-stations for status updates. A carpenter can for example send a status update when he has put up a wall, then the electrician is notified when it is ready for him.
(8) By having updated process status available on the BIM-station, it is possible to use the BIM-station to see where it is ready to start working, or how long one must wait until it is clear. This reduce latency and cycle time for activities.
(9) By automatically generating lists of needed materials from the BIM model, it is possible to save time and achieve more accuracy. A carpenter can for example generate list for a room to see exactly how much materials is needed. This leads to increased productivity and reduced variability.
(10) By utilizing the BIM-station as a meeting place for workers from one or more disciplines, everyone can give their opinions and the knowledge base for taking the decision increases. The likelihood that the best decision is taken therefore increases. By using BIM, you increase the information available to support the decisions. In this situation, the BIM station facilitates a greater level of face-to-face collaboration between site workers.
(11) BIM-stations provides the ability to report directly from the BIM-station to the management. Examples of such need for reporting can be instant feedback on error, conflicts, deviation or other things. Such direct information channels can help to ensure that more time is used for the production and achieve reduced cycle time.
(12) With hyperlinks to drawings and documents, the way of obtaining information is standardized. The variability is reduced when you have direct links to the documents you need.

In sum, it seems clear that the BIM-station contributes to a better workflow by reducing variability while it standardizes the work process. Implementing BIM-stations comes hand in hand with visual management. The BIM-station helps workers manage their own activities with production control and a better understanding of the final result. These interactions can guide management when implementing lean principles using BIM-stations. It is possible to look at BIM-stations and lean construction as isolated parts. However, to achieve a good outcome one should see them as a whole as they have a synergistic effect to each other.

In table 3, the BIM-station characteristics and the lean principles are linked together. The interactions – numbered from 1 to 12 – show how a client can use BIM-stations to implement lean principles.

Table 3: Interaction Matrix of Lean Principles and BIM-station Characteristics

BIM-station characteristics	Lean principles						
	Go and see for yourself	Standardize	Visual management	Reduce variability	Reduce cycle time	Cultivate an extended network of partners	Decide by consensus, consider all options
Visualization of form	1		3				
Visualization of process status			7				
Automatic generation of lists				9			
Online access to documents		12		12			
Maintenance and updating of information			2	4 5			
Updating of drawings and documents			2	4 5			
Two-way communication							10
Online/electronic communication		6		4	8		
Feedback to the management						11	

CONCLUSIONS

BIM and Lean are being implemented simultaneously on construction projects. The aim of this paper has been twofold: firstly, to explore what a BIM-station is and secondly to explore how it can be used to implement lean principles. According to the research carried out, a BIM-station is best characterized as an on-site information tool. It brings information out to the construction site. The workers can use it to easily visualize and determine how to solve practical problems at the construction site. It can also serve as a meeting point for internal collaboration between different disciplines, contributing to problem solving.

This study shows that there are many interesting interactions between lean construction and BIM-stations. The interactions show that BIM-stations are helping to reduce the volume of non-value adding activities. The 12 interactions are presented so that they may be used as a guide for companies wanting to implement BIM-stations and/or lean in the production phase of building projects. The use of BIM-stations in the production phase can significantly enhance the lean outcomes.

Further research should try to do more testing to validate the 12 interactions proposed, and explore if there are additional interactions that should be included in table 3. In addition to looking at BIM-stations on site, researchers should study the potential of using tablets and smartphones on site in synergy with lean construction. BIM-stations on site combined with the foremen using tablets could be a good solution for future work.

REFERENCES

- Alarcon, L., Mandujano, M., and Mourgues, C. (2013). "Analysis of the implementation of VDC from a lean perspective: Literature review." *Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction*, 31-32.
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., and O'reilly, K. (2011). "Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice." *Autom Constr*, 20(2), 189-195.
- Ballard, G. (2008). "The lean project delivery system: An update." *Lean Construction Journal*, 2008, 1-19.
- Bhatla, A., and Leite, F. (2012). "Integration Framework of BIM with the Last Planner System TM." *IGLC 2012-20th Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Blumberg, B., Cooper, D. R., and Schindler, P. S. (2011). *Business Research Methods (3rd European Ed.)*, McGraw Hill, London.
- Bråthen, K., and Moum, A. (2015). "Bridging the gap: Taking BIM to the construction site." *Engineering Construction and Architectural Management*.
- Chen, Y., and Kamara, J. M. (2008). "Using mobile computing for construction site information management." *Eng. Constr. Archit. Manage.*, 15(1), 7-20.
- Davies, R., and Harty, C. (2013). "Implementing 'site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project." *Autom Constr*, 30, 15-24.
- Dodge Data & Analytics (2015). "Measuring the Impact of BIM on Complex Buildings." *SmartMarket Report*.
- Drevland, F., and Lohne, J. "Nine Tenets on the Nature of Value." *Proc., 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 475-485.
- Greif, M. (1991). *The visual factory: building participation through shared information*, Productivity Press.
- Harstad, E., Lædre, O., Svalestuen, F., and Skhmot, N. (2015). "How tablets can improve communication in construction projects." *Proceedings of IGLC 23, Perth, Australia*.
- Hewage, K. N., and Ruwanpura, J. Y. (2006). "Carpentry workers issues and efficiencies related to construction productivity in commercial construction projects in Alberta." *Canadian Journal of Civil Engineering*, 33(8), 1075-1089.
- Imai, M. (1997). *Genba kaizen: a commonsense low-cost approach to management*, New York: McGraw-Hill Professional.

- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*, Stanford University Stanford, CA.
- Liker, J. K. (2003). *The Toyota way*, McGraw-Hill, New York.
- Murvold, V., Vestermo, A., Svalestuen, F., Lohne, J., and Lædre, O. (2016). "Experiences from the use of BIM-stations." *Proceedings of IGLC 24, Boston, USA, 20-22 Jul 2016*.
- Ruwanpura, J. Y., Hewage, K. N., and Silva, L. P. (2012). "Evolution of the i-Booth© onsite information management kiosk." *Autom Constr*, 21, 52-63.
- Sacks, R., Barak, R., Belaciano, B., Gurevich, U., and Pikas, E. (2013). "KanBIM workflow management system: Prototype implementation and field testing." *Lean Construction Journal*, 19-35.
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., and Owen, R. (2010). "Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction." *J. Constr. Eng. Manage.-ASCE*, 136(9), 968-980.
- Sacks, R., Radosavljevic, M., and Barak, R. (2010). "Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction." *Autom Constr*, 19(5), 641-655.
- Sacks, R., Treckmann M., and Rozenfeld O. (2009). "Visualization of Work Flow to Support Lean Construction." *J Constr Eng Manage*, 135(12), 1307-1315.
- Van Berlo, L. A. H. M., and Natrop, M. (2015). "BIM on the construction site: Providing hidden information on task specific drawings." *Journal of Information Technology in Construction*, 20, 97-106.
- Womack, J. P., and Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, New York: Simon & Schuster.
- Womack, J. P., and Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, Free Press, New York.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: design and methods*, SAGE, Los Angeles, Calif.

BIM-stations: What it is and how it can be used to implement Lean Principles

Vestermo A., M.Sc., Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway

Murvold V., M.Sc., Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway

Svalestuen F., PhD. Candidate, Norwegian University of Science and Technology, Norway

Lohne J., Research scientist, dr. art., Norwegian University of Science and Technology, Norway

Lædre O., Associate Professor, Norwegian University of Science and Technology, Norway

I. Background

Many firms are starting to use BIM as a lean construction tool through production planning and control. By giving the workers on site access to the BIM-model, they can visualize the final product and the potential of positive impacts is great. BIM and Lean Construction has been researched extensively in the recent years. Different lean construction researchers claim that the use of BIM technology in construction can reduce inefficiencies and rework (Arayici et al. 2011; Sacks et al. 2010; Sacks et al. 2009). However, there has been little research linking these two (Sacks et al. 2010). One of the key principles of lean construction is continuous process improvement. By linking lean construction with BIM, new work processes can emerge and create an even more efficient construction industry. Consequently, the paper addresses: 1) what a BIM-station is and 2) how it can be used to implement lean principles.

II. Current Conditions

Over the last years there has been developed different methods to bring BIM to the workers on site, enabling access to the model wherever they are. With BIM on site, it is possible to find and solve problems early. This is a relatively new approach to on-site production control for contractors. Van Berlo and Natrop (2015) state that paper drawings typically dominate information on the workplace. Furthermore, they claim that BIM on site can realise a great potential in the construction phase and that the construction workers have the benefit of visualizing when communicating with BIM on site.

BIM can result in a leaner construction process with a greater degree of utilization of prefabrication, improved workflow stability, reduced inventories and enhanced teamwork (Alarcon et al. 2013). When BIM is implemented in the design phase, there could be some challenges to carry it forward to the construction phase. Some of the most common barriers are: software and hardware issues, cultural barriers, contractual and legal aspect, lack of commitment, lack of training and lack of client request (Alarcon et al. 2013). Compared with the positive aspects with implementing BIM in the construction phase, however, the challenges must be said to be of relatively limited nature.

Different approaches to BIM on site have been tried, and it is hard to say if one is better than the other. The i-booth, computer kiosks and tablets are all examples of ways of getting more information to the construction site. These can also be ways to introduce lean principles to construction projects. With BIM on-site, the workers have the benefit of better understanding of the planned building. This is due to possibilities for visualization and a greater level of collaboration between the site workers.

III. Working Hypotheses

- *BIM-stations can improve the production process by increasing the available information on construction sites, and it is a way to introduce lean principles to construction projects.*

IV. Research Method

The main body of the research is based on a literature review and general in-depth interviews with key actors from five contractor organizations. The review focused on the use of BIM in the construction phase, and how it is related to the principles of lean. To gain experience in several areas, key actors from five of the leading contractors in Norway were interviewed. These contractors have to a varying degree adopted BIM-stations in their projects. Ten general in-depth interviews with people considered to be among the most experienced on BIM within these contractor organizations were conducted. These included seven BIM-specialists and three project managers. The interviews were carried out in line with the recommendations of Yin (2014).

V. Research Findings and Conclusions

According to the research carried out, a BIM-station is best characterized as an on-site information tool. It brings information out to the construction site. The workers can use it to easily visualize and determine how to solve practical problems at the construction site. It can also serve as a meeting point for internal collaboration between different disciplines, contributing to problem solving.

In the following, BIM-station characteristics and relevant lean principles are linked together in a matrix (table 1). The interactions show how BIM-stations can be used to implement lean principles.

Table 1: Interaction Matrix of Lean Principles and BIM-station Characteristics

BIM-station characteristics	Lean principles						
	Go and see for yourself	Standardize	Visual management	Reduce variability	Reduce cycle time	Cultivate an extended network of partners	Decide by consensus, consider all options
Visualization of form	x		x				
Visualization of process status			x				
Automatic generation of lists				x			
Online access to documents		x		x			
Easy maintenance and updating of information			x	x			
Easy updating of drawings and documents			x	x			
Two-way communication							x
Online/electronic communication		x		x	x		
Feedback to the management						x	

This study shows that there are many interesting interactions between lean construction and BIM-stations. The interactions show that BIM-stations are helping to reduce the volume of non-value adding activities. The 12 interactions are presented so that they may be used as a guide for companies wanting to implement BIM-stations and/or lean in the production phase of building projects. The use of BIM-stations in the production phase can significantly enhance the lean outcomes.

DEL 3: Vedlegg

- VEDLEGG A:** **Oppgavetekst**
- VEDLEGG B:** **Tilbakemelding på artikler fra IGLC**
- VEDLEGG C:** **Spørreundersøkelse brukere**
- VEDLEGG D:** **Spørreundersøkelse funksjonærer**
- VEDLEGG E:** **Intervjuguide**



VEDLEGG A: Oppgavetekst

MASTEROPPGAVE

(TBA4910 Prosjektledelse og TBA4935 Anleggsteknikk)

VÅREN 2016

for

Aleksander Vestermo og Vegar Murvold

Bruk av BIM-kiosker i produksjonsfasen av byggeprosjekter

BAKGRUNN

BIM har et stort potensiale i produksjonsfasen og driftsfasen. BIM kan i produksjonsfasen benyttes til blant annet visualisering, mengdeberegning, fremdriftsplanlegging, kollisjonskontroll m.m. Dette er likevel bruksområder som vanligvis er forbeholdt funksjonærer ved anleggskontoret. For å utvikle bruken av BIM i produksjonsfasen videre er det ønskelig å flytte BIM fra kontoret og ut til byggeplassen, der hvor arbeidet utføres. På denne måten vil informasjon være tilgjengelig der det er behov – når det er behov. Det er forsøkt å flytte BIM ut på byggeplass på flere måter, ved for eksempel nettbrett, BIM i containere eller BIM-kiosker. Med BIM på byggeplassen kan arbeiderne få muligheten til å få en bedre forståelse av det planlagte prosjektet gjennom visualisering, tilgang på informasjon og en større grad av samarbeid.

OPPGAVE

For å svare på forskningsspørsmålene er det hentet inn erfaringer fra fem av de ti største entreprenørene i Norge. Det er gjort 10 intervjuer av utvalgte personer hos disse entreprenørene, samt litteraturstudium og to casestudier med spørreundersøkelser. Denne masteroppgaven består av tre deler; en masteroppgave, to vitenskapelige artikler og vedlegg. Artiklene er skrevet for den internasjonale IGLC-konferansen som avholdes i Boston, USA, juli 2016.

Beskrivelse av oppgaven

I denne besvarelsen ses det nærmere på erfaringer ved bruken av BIM-kiosker hos 5 av de 10 største (etter omsetning) entreprenørene i Norge. BIM-kiosker gir arbeiderne tilgang til informasjonen de trenger ute på en byggeplass. Hovedfokuset i forskningen har vært på et pågående byggeprosjekt i Trondheim, hvor totalentreprenør Betonmast Trøndelag bygger et nytt universitetsbygg for byggherre Statsbygg. Dette er det første prosjektet til Betonmast hvor de benytter BIM-kiosker ute på byggeplass.

Målsetting og hensikt

Formålet med oppgaven er å se på bruken av BIM-kiosker i produksjonsfasen hos entreprenører i Norge, samt hvordan BIM-kiosker kan brukes for å implementere lean-prinsipper.

Deloppgaver og forskningsspørsmål

- 1) Hva er en BIM kiosk, og hva kan den brukes til?
- 2) Hvordan fungerer BIM-kiosker på forskjellige prosjekt?
- 3) Hvordan kan BIM-kiosker brukes for å implementere lean-prinsipper?
- 4) Hvordan kan BIM-kiosker utvikles videre?

GENERELT

Opgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskriving ved prosjektarbeid og masteroppgave befinner seg på <http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver>.

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Masteroppgaven regnes ikke som ferdig levert før kandidaten har levert innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i Sentralbygg II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.

Beskrives her når dette er aktuelt. Se <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursionsjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til sonja.hammer@ntnu.no

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

Faglærer ved instituttet: Ola Lædre

Veileder (eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner: Håvard Vatnehol

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 20.01.2016, (revidert: 10.05.2016)

Underskrift



Faglærer

VEDLEGG B: Tilbakemeldinger på artikler fra IGLC

Review Results: Experiences from the use of BIM-stations

Review Result of the Program Committee

Accepted with minor revisions: The paper will be accepted if it is edited in accordance with the reviewers comments.

Message from Chairs to Authors

Please review the English usage.

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	4
Significance for theory or practice	10%	10	6
Originality and level of innovativeness	10%	6	4
Thematic Relevance for the "Call for Papers"	10%	8	8
Quality of presentation	10%	6	6
Overall recommendation	50%	7	6
Total points (out of 10)		7.1	5.8

Review 1

Evaluation of the Contribution

Quality of Content	Significance	Originality	Thematic Relevance	Presentation	Overall Recommendation	Total points (out of 10)
6 (10%)	10 (10%)	6 (10%)	8 (10%)	6 (10%)	7 (50%)	7.1

Reviewer's Comments on the Contribution

Contribution of the Submission:

The use of BIM stations on site allows from BIM to be used more easily by everyone, not just managers. It also provides crews on site with information beyond just BIM, as the station is connected to the internet. Drawings, lists and weather forecasts are just some examples of this. The paper also touches upon the crucial point of training, owner buy-in and persistence needed to implement this kind of technology.

Comments for the Authors:

I really enjoyed this paper and think the authors have done an excellent job of presenting practical findings and linking it to theoretical framework. Bringing BIM to site with IT-stations like this is an important aspect of BIM implementation today, and I think the paper does well in reflecting many of the important possibilities and challenges related to this.

However, here are some deltas:

There is a need to check for spelling and grammar throughout the entire paper. Not a big problem, but some typos were found throughout.

On page 6, different BIM needs between carpenters and technical crews is an addressed point, I would like some elaboration on this.

On page 7, it is clear that the main use of the kiosk is a checker/viewer (such as Solibri or Navisworks), but it would be interesting to hear which functionalities were actually used in these. Is it just rotating the model and walk-throughs?

Sectioning and hide/transparent-tools? Measurements? Quantity take-offs?

On page 8, the authors state that carpenters would benefit from a higher level of detail on wall objects. I would like some elaboration here on benefit/cost. The model could become very heavy for a checker to handle if high-level details are included everywhere (I once coordinated a BIM Project where we tried including bolts in technical equipment, and most computers on the project could not even open the model). Would just linking in detail drawings to the BIM Object be a better solution? Some elaboration here would be interesting.

Review 2

Evaluation of the Contribution

Quality of Content	Significance	Originality	Thematic Relevance	Presentation	Overall Recommendation	<i>Total points (out of 10)</i>
4	6	4	8	6	6	5.8
(10%)	(10%)	(10%)	(10%)	(10%)	(50%)	

Reviewer's Comments on the Contribution

Contribution of the Submission:

The paper discusses the implementation of BIM-stations in a construction site and the workers' perceptions regarding this innovation. The paper confirms what others have said about the need of training and presents additional anecdotal evidence on how the stations were used.

Comments for the Authors:

The paper presents additional evidence on problems related to the use of BIM-stations at the site level. The paper's strengths are related to the amount of detail reported regarding the use of the stations. The paper's main weakness is how this discussion is organized. The paper would benefit from the organization of the discussion into subheadings (i.e., training, set up of the stations, field vs. office use,...) related to the main areas of the survey/interview and their findings. The authors could cross analyze the data obtained from surveying/interviewing the workers and what they obtained from observations and analysis of documents.

Additional comments include:

1. Abstract: "Initially, a survey among 50 workers on-site was carried out. Both carpenters, plumbers and electricians conducted the survey. This was followed by semi-structured in-depth interviews with six key actors." What was used a survey or a (semi-)structured interview?
2. P.2 "BIM has the potential to make less errors and omissions". Is it BIM or the users who make fewer mistakes?
3. P.3 Please review the following phrase in the method description: "These observations and conversations gave foundation for the research questions, and not at least for questions in the interview guide and the survey."
4. "Apart from the design, these BIM-stations are not unlike Skanska's "BIM computer kiosks". Not clear, are the stations like Skanska's or not.
5. Review the paper once again for typos and English usage.

Review Results: BIM-stations: What it is and how it can be used to implement Lean Principles

Review Result of the Program Committee

Accepted with minor revisions: The paper will be accepted if it is edited in accordance with the reviewers comments.

Questions		<u>Review 1</u>	<u>Review 2</u>
Familiarity of the reviewer with the topic		8	8
Quality of Content	10%	8	8
Significance for theory or practice	10%	8	8
Originality and level of innovativeness	10%	8	6
Thematic Relevance for the "Call for Papers"	10%	8	10
Quality of presentation	10%	8	10
Overall recommendation	50%	8	9
Total points (out of 10)		8	8.7

Review 1

Evaluation of the Contribution

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

Reviewer's Comments on the Contribution

Contribution of the Submission:

This paper is researching at the use of BIM on site via "BIM stations" (i.e. onsite information tools which allows access to up to date BIM and drawings). The avenues of investigation were literature review and interviews with field professionals. The authors created an interaction matrix between the BIM station characteristics and relevant lean principles in order to determine interactions between the two. Overall, 12 interactions were recorded.

Comments for the Authors:

This paper exhibited a thorough review and explanation of a topic that is definitely relevant to the construction industry today. I mainly saw strengths from the authors. The only weaknesses were of a cosmetic nature. In my opinion, the authors would have been better served placing the lean principle interactions into a table similar to the BIM station characteristics. Additionally, there were some small issues with sentence structures, but nothing that was terribly noticeable. Overall, though, very nicely done.

Review 2

Evaluation of the Contribution

Quality of Content	Significance	Originality	Thematic Relevance	Presentation	Overall Recommendation	Total points (out of 10)
8 (10%)	8 (10%)	6 (10%)	10 (10%)	10 (10%)	9 (50%)	8.7

Reviewer's Comments on the Contribution

Contribution of the Submission:

The paper extends the studies on the relationship between Lean and BIM. In this case, it is focused on the implementation of BIM on construction site.

Comments for the Authors:

The paper is significant and well written. The literature review is appropriate. The research method is well defined. As weakness, I can point that the results came from few studies. However, this is acceptable considering the context presented. That is, there is yet few applications of the object of study.

VEDLEGG C: Spørreundersøkelse brukere

Hvilket firma tilhører du?

Betonmast Caverion Elektro Caverion rør Annet firma:

Hvor gammel er du?

Under 18 18-25 26-30 31-40 41-50 over 50

Hvilken funksjon har du i firmaet?

Bas Montør/Håndverker Annen:

Har det blitt benyttet noen av de følgende på dine foregående prosjekter? (Oppgi gjerne flere svar)

BIM-kiosk Nettbrett med BIM-modell BIM i fremdriftsplanlegging Ingen av delene

Hvor mange ganger har du benyttet deg av BIM-kiosken på HiST?

Siste to dager	<input type="checkbox"/> Ingen ganger	<input type="checkbox"/> En gang	<input type="checkbox"/> To eller tre ganger	<input type="checkbox"/> Fire til ti ganger	<input type="checkbox"/> Mer enn ti ganger
Siste to uker	<input type="checkbox"/> Ingen ganger	<input type="checkbox"/> En gang	<input type="checkbox"/> To eller tre ganger	<input type="checkbox"/> Fire til ti ganger	<input type="checkbox"/> Mer enn ti ganger

1) Hva benytter du BIM-kiosken til? (Oppgi gjerne flere svar)

Jeg bruker den ikke Sjekke 3D-modellen Studere riggplan

Sjekke været Oppdatere meg på vareleveringer

Laste ned 2D-tegninger. →

ARK-tegninger RIB-tegninger RIE-tegninger

RIV-tegninger Riggplaner Branntegninger

Annet:

2) Hva har blitt gjort for at du skal bruke BIM-kioskene? (Oppgi gjerne flere svar)

Har fått generell informasjon om BIM-kiosken Bas eller anleggsleder har holdt opplæring

Kurs i bruk av BIM internt i firmaet Oppfordring fra ledelsen

Ingenting

Annet:

3) Hva må gjøres for at BIM-kiosken skal bli brukt mer? (Oppgi gjerne flere svar)

Flere BIM-kiosker ute på plassen Sentral plassering

Mer detaljert BIM-modell

At funksjonene i BIM-kiosken responderer raskere (hente tegninger, navigere i modellen)

Holdningsendring hos bruker

Bedre opplæring →

Fra Bas Fra Anleggsleder Kurs i bruk av BIM

Vet ikke

Annet:

4) Hvordan ønsker du at BIM-kiosken kan utvikles videre? (Oppgi gjerne flere svar)

- Mulighet for å flytte på BIM-kiosken (trådløs BIM-kiosk på hjul)
- Mulighet for å skrive ut tegninger
- Bruke BIM-kiosk som samlingspunkt til for eksempel morgenmøter
- Flere views/visningspunkt lagret i BIM-modellen
- Nettbrett med BIM til alle håndverkere
- Arbeidsbenk m/lys
- Mulighet for tilbakemelding og spørsmål til prosjektering eller ledelsen
- Mulighet for 3D riggplan
- Mulighet for å registrere avvik
- Flere hyperlinker på forsiden:
- Andre:

5) Hvilke positive virkninger mener du BIM-kiosker kan ha? (Oppgi gjerne flere svar)

- BIM-kiosker forbedrer produktivitet ved lett tilgang på informasjon
- BIM-kiosker gjør at vi sparer tid på å skaffe informasjon
- BIM-kiosker gjør det lettere å visualisere det som skal bygges
- BIM-kiosker gjør det enklere å gjennomføre min jobb
- BIM-kiosker gir mer nytte enn kostnader
- BIM-kiosk fører til mindre feil-produksjon

Bruk av BIM-kiosk fører til bedre kommunikasjon →

I samme fag På tvers av fag

Andre:

6) Ønsker du at BIM-kiosker skal være tilgjengelig også på fremtidige prosjekt?

Ja Nei

Andre kommentarer

VEDLEGG D: Spørreundersøkelse funksjonærer

Hvilket firma tilhører du?

Betonmast Caverion Annet firma:

Hvor gammel er du?

Under 18 18-25 26-30 31-40 41-50 over 50

Hvilken funksjon har du i firmaet?

Prosjektleder Anleggsleder Prosjekteringsleder Prosjektingeniør:

Har det blitt benyttet noen av de følgende på dine foregående prosjekter? (Oppgi gjerne flere svar)

BIM-kiosk Nettbrett med BIM BIM i fremdriftsplanlegging Ingen av delene

Hvor mange ganger tror du at en håndverker i gjennomsnitt fra ditt firma har benyttet BIM-kiosken?

Siste to dager Ingen ganger En gang To eller tre ganger Fire til ti ganger Mer enn ti ganger

Siste to uker Ingen ganger En gang To eller tre ganger Fire til ti ganger Mer enn ti ganger

1) Hva tror du BIM-kiosken på HiST blir benyttet til? (Oppgi gjerne flere svar)

Den blir ikke brukt Sjekke 3D-modellen Studere riggplan

Sjekke været Oppdatere seg på vareleveringer

Laste ned 2D-tegninger. →

ARK-tegninger RIB-tegninger RIE-tegninger

RIV-tegninger Riggplaner Branntegninger

Annet:

2) Hva har blitt gjort for at håndverkerne skal bruke BIM-kioskene? (Oppgi gjerne flere svar)

Har fått generell informasjon om BIM-kiosken Bas eller anleggsleder har holdt opplæring

Kurs i bruk av BIM internt i firmaet Oppfordring fra ledelsen

Vet ikke

Annet:

3) Hva må gjøres for at BIM-kiosken skal bli brukt mer? (Oppgi gjerne flere svar)

Flere BIM-kiosker ute på plassen Sentral plassering

Mer detaljert BIM-modell

At funksjonene i BIM-kiosken responderer raskere (hente tegninger, navigere i modellen)

Holdningsendring hos bruker Vet ikke

Bedre opplæring →

Fra Bas Fra Anleggsleder Kurs i bruk av BIM

Annet:

4) Hvordan ønsker du at BIM-kiosken kan utvikles videre? (Oppgi gjerne flere svar)

- Mulighet for å flytte på BIM-kiosken (trådløs BIM-kiosk på hjul)
- Mulighet for å skrive ut tegninger
- Bruke BIM-kiosk som samlingspunkt til for eksempel morgenmøter
- Flere views/visningspunkt lagret i BIMen
- Nettbrett med BIM til alle håndverkere
- Arbeidsbenk m/lys
- Mulighet for tilbakemelding og spørsmål til prosjektering eller ledelsen
- Mulighet for 3D riggplan
- Mulighet for å registrere avvik
- Flere hyperlinker på forsiden:
- Andre:

5) Hvilke positive virkninger mener du BIM-kiosker kan ha? (Oppgi gjerne flere svar)

- BIM-kiosker forbedrer produktivitet ved lett tilgang på informasjon
- BIM-kiosk fører til mindre feil-produksjon
- BIM-kiosker gjør det lettere å visualisere det som skal bygges
- BIM-kiosker gir mer nytte enn kostnader
- BIM-kiosker gjør det enklere for håndverker å utføre sin jobb
- BIM-kiosker gjør at håndverkere sparer tid på å skaffe informasjon

Bruk av BIM-kiosk fører til bedre kommunikasjon →

I samme fag På tvers av fag

Andre:

6) Ønsker du at BIM-kiosker skal være tilgjengelig også på fremtidige prosjekt?

Ja Nei

Andre kommentarer

VEDLEGG E: Intervjuguide

Presentasjon av intervjuere

Vårt navn er Aleksander Vestermo og Vegar Murvold. Vi er masterstudenter ved NTNU på studieretningen bygg- og miljøteknikk med spesialisering innen prosjektledelse og anleggsteknikk. Masteroppgaven, som dette intervjuet er en del av, skal leveres i juni 2016. Temaet til denne studentoppgave ble valgt i samarbeid med Betonmast Trøndelag.

Bakgrunn for intervjuet:

BIM har et stort potensiale i produksjonsfasen og driftsfasen. BIM kan i produksjonsfasen benyttes til blant annet visualisering, mengdeberegning, fremdriftsplanlegging, kollisjonskontroll m.m. Dette er likevel bruksområder som vanligvis er forbeholdt funksjonærer ved anleggskontoret. For å utvikle bruken av BIM i produksjonsfasen videre er det ønskelig å flytte BIM fra kontoret og ut til byggeplassen, der hvor arbeidet utføres. På denne måten vil informasjon være tilgjengelig der det er behov – når det er behov.

Det er forsøkt å flytte BIM ut på byggeplass på flere måter, ved for eksempel nettbrett, BIM i containere eller BIM-kiosker. Med BIM på byggeplassen kan arbeiderne få muligheten til å få en bedre forståelse av det planlagte prosjektet gjennom visualisering, tilgang på informasjon og en større grad av samarbeid.

Formålet med oppgaven er å se på bruken av BIM-kiosker i produksjonsfasen hos entreprenører i Norge, samt hvordan BIM-kiosker kan brukes for å implementere lean-prinsipper.

Vi ønsker derfor å få svar på følgende problemstillinger:

- 1) Hva er en BIM kiosk, og hva kan den brukes til?
- 2) Hvordan fungerer BIM-kiosker på forskjellige prosjekt?
- 3) Hvordan kan BIM-kiosker brukes for å implementere lean-prinsipper?
- 4) Hvordan kan BIM-kiosker utvikles videre?

Opptak av Intervjuet

For å bevare mest mulig av intervjuet blir samtalen tatt opp og transkribert. Et lydopptak tar vare på alt som blir sagt, og får også med nyanser i språk og toneleie. Det ble i tillegg gjort notater ved siden av. Lydopptak og notater vil bli gjennomgått umiddelbart etter at intervjuene var avsluttet, mens inntrykkene fortsatt er friskt i minnet.

Utbytte for intervjuobjektene

Intervjupersonene vil få tilgang på masteroppgaven med artikler i etterkant. Det vil gi intervjupersonene mulighet til å bruke våre resultat dersom de ønsker å hente erfaring fra bruk av BIM-kiosker.

Spørsmål

Bakgrunn:

- Fortell kort om deg selv og din bakgrunn. (Utdanning, stilling, rolle, karriere, alder)
1. Hva er en BIM-kiosk
 - Hvordan vil **du** definere en BIM-kiosk?
 - Program på BIM-kiosken? Solibri?
 - Produksjon av kiosker
 2. Hva kan en BIM-kiosk brukes til?
 - Bruksområder
 - Hvilke funksjoner benytter din bedrift seg av?
 - Oppfølging av fremdrift?
 3. Hvordan fungerer BIM-kiosker på ditt/dine prosjekt?
 - Hvorfor BIM-kiosk? Krav fra byggherre eller eget initiativ?
 - Hvem har tilgang til kiosken?
 - Hvor mange kiosker er fornuftig?
 - Hvilke tiltak er gjort for å få folk til å bruke BIM-kiosker?
 - Har dere noen form for opplæring i bruk av BIM-kiosker?
 - Ble BIM-kiosk brukt mye? Så mye som forventet?
 - Hvilke fag brukte BIM-kiosk mest?
 - Opplevd noen positiv virkning? Spart tid, bedre kommunikasjon, mindre feil osv.?
 - Hvordan synkroniseres modellen ut til kioskene? Hvor ofte?
 - Kost/nytte? Tall på direkte kostnader?
 - Hvordan var holdningen til brukerne av BIM-kiosk?

4. Hvordan kan BIM-kiosk utvikles videre?

- Flere bruksområder?
- Ulemper med dagens bruk?
- Hva må gjøres for å få BIM-kiosker til flere prosjekt?
- Hva må gjøres for å få flere til å bruke BIM-kiosker?
- Tiltak som må iverksettes (for å øke nytteverdien av BIM-kiosk)?

Avslutning:

- Ser du noen problemer eller utfordringer med bruk av BIM-kiosker på byggeplassen?
- Er det noe du ønsker å tilføye som intervjuet ikke har dekket?